

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Petja Piironen

OMAKOTITALON LAAJENNUSHANKKEEN SUUNNITTELU JA  
KUSTANNUSLASKELMA

Opinnäyte  
Huhtikuu 2016



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Huhtikuu 2016**  
**Rakennustekniikan koulutusohjelma**  
Karjalankatu 3  
80200 Joensuu  
+358 50 260 6800

Tekijä  
Petja Piironen

Nimeke  
Omakotitalon laajennushankkeen suunnittelu ja kustannuslaskelma

Toimeksiantaja  
-

#### Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli saada omakotitalon yläkertaan laajentamista varten tarvittavat suunnitelmat ja kustannusarvio. Työ jaettiin kolmeen osaan. Ensimmäinen osa oli asuntosuunnittelu, johon kuului yläkerran tilojen suunnittelu, U-arvolaskelmat ja lupakuvien piirto. Toinen osa-alue oli rakennesuunnittelu, joka piti sisällään välipohja- ja aukonylityspalkkien mitoituksen sekä välipohjapalkkien naulaliitosten mitoituksen. Kolmas osa-alue oli kustannuslaskelma, jolla haetaan laajennushankkeelle pankkilainaa.

Asuntosuunnittelussa yläkertaan suunniteltiin kuusi kappaletta erilaisia pohjaratkaisuja, joista viimeisin valittiin rakennesuunnitteluun. Rakennesuunnittelussa laajennukseen mitoitettiin välipohjapalkit, aukonylityspalkki ja välipohjapalkkien naulaliitokset.

Kustannuslaskelmavaiheeseen suunniteltiin kolme kappaletta erilaista välipohjarakennetta, joista sahatavarapalkisto betonisella pintalaatalla valikoitui laajennuksessa käytettäväksi rakenteeksi ollen kustannuksiltaan edullisin.

Lämmöneristeistä vertailtiin polyuretaanilla ja mineraalivillalla tehtyä eristystä. Mineraalivillaeristys oli kustannuksiltaan edullisin, mutta polyuretaanieristyksen nopeampi ja helpompi asennus vaikutti polyuretaanieristyksen valintaan käytettävänä eristeenä.

Kieli  
suomi

Sivuja 48  
Liitteet 11  
Liitesivumäärä 52

#### Asiasanat

U-arvo, kustannuslaskelma, välipohja, naulaliitos



**THESIS**  
**April 2016**  
**Degree Programme in Civil Engineering**  
Karjalankatu 3  
80220 JOENSUU  
FINLAND  
+358 50 260 6800

Author (s)  
Piiroinen Petja

Title  
Planning and Cost Calculations of a Detached House Extension

Commissioned by  
-

**Abstract**

The purpose of this thesis was to devise the planning and cost calculation for a detached house upstairs extension. The thesis work was split in three parts. The first part was housing design, including the upstairs floor plans, U-values calculation and permission pictures for a building permission. The second part was structural engineering, including calculations of intermediate floor beams and the beam over the opening and nail joint calculations for the intermediate floor beams. The third part was cost calculations.

Housing design in the upper floor was designed six different floor plans, of which the last one was selected for the structural engineering. In structural engineering of the upper floor extension, the intermediate floor beams, beam over the opening and nail joints for the intermediate floor beams were calculated.

For the floor structure cost calculation three pieces were designed, of which the timber frame floor with concrete slab was selected to be used in the extension because it was the most advantageous. Thermal insulation was compared between polyuretein insulation and mineral wool insulation. Mineral wool insulation was more advantageous, but polyuretein insulation was selected due to faster completion at construction stage.

Language  
Finnish

Pages 48  
Appendices 11  
Pages of Appendices 52

**Keywords**

U-value, cost calculation, intermediate floor, nail joint

## Sisältö

1	Johdanto .....	5
1.1	Tausta.....	5
1.2	Työn tavoite ja raja.us.....	6
2	Asuntosuunnittelu .....	6
2.1	Asuntosuunnittelun tavoitteet.....	6
2.2	Huonetilat .....	9
2.2.1	Ohjeet huonetilojen suunnitteluun.....	9
2.2.2	Portaat .....	10
2.2.3	Aula.....	11
2.2.4	Makuuhuoneet .....	12
2.2.5	Säilytys .....	13
2.2.6	Oleskelu .....	14
2.3	U-arvot.....	14
2.3.1	Yläpohja.....	20
2.3.2	Ulkoseinät .....	23
2.3.3	Alapohja.....	24
3	Rakenteet .....	26
3.1	Rakenteita ohjaavat määräykset ja ohjeet .....	26
3.2	Välipohjapalkit.....	27
3.3	Aukonylityspalkki .....	33
4	Liitokset.....	34
4.1	Naulaliitokset .....	34
4.2	Naulaliitosten mitoit.us.....	37
4.2.1	Palkit P101, P102 ja P105 .....	37
4.2.2	Palkit P103 ja P104.....	41
5	Kustannuslaskelma.....	44
5.1	Kustannuslaskelman tarkoitus ja raja.us.....	44
5.2	Palkit.....	45
5.3	Lämmöneristeet.....	46
5.4	LVIS.....	46
5.5	Kustannuslaskelma.....	46
6	Tulokset ja johtopäätökset .....	47

## Lähdeluettelo

### Liitteet

Liite 1	Yläkerran pohjapiirros
Liite 2	Yläpohjan vinon osan U-arvolaskelma
Liite 3	Yläpohjan suoran osuuden U-arvolaskelma
Liite 4	Ulkoseinien U-arvolaskelma
Liite 5	Alapohjan U-arvolaskelma
Liite 6	Välipohjapalkkien laskelmat
Liite 7	Aukonylityspalkin laskelma
Liite 8	Palkkien kustannusvertailu
Liite 9	Eristeiden kustannusvertailu
Liite 10	Kustannuslaskelma
Liite 11	Lupakuvat

# 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön kohteena oli Kontiolahden kunnassa vuonna 2008 valmistuneen omakotitalon laajentaminen yläkertaan. Opinnäytetyö jaettiin kolmeen osaan, jotka olivat asuntosuunnittelu, rakennesuunnittelu ja kustannuslaskelmat.

## 1.1 Tausta

Kuluneessa kahdeksassa vuodessa on muuttunut paljon, perheeseen oli syntynyt neljä lasta ja eurokoodit tulivat ohjaamaan rakentamista, samoin U-arvovaatimukset olivat kiristyneet.

Rakennus oli suunniteltu ja rakennettu vuosina 2007–2008. Suunnittelussa oli käytetty vuoden 2007 määräyksiä. Alkuperäiseen vuonna 2007 tehtyyn suunnitelmaan oli otettu huomioon mahdollinen yläkertaan laajentaminen, kattorakenteet ovat kehäkattotuoleja, porrasvaraus suunniteltiin eteiseen ja ilmanvaihtokone valittiin riittävän suureksi, samoin lattialämmityksen lähdöt ovat valmiina.

Eurokoodien tulon myötä rakenteiden mitoitus kiristyi, olemassa olevien kehäkattotuolien mitoitus oli tehty vuoden 2007 määräysten mukaan. Suurimmat muutokset ovat välipohjan värähtelyn tarkastelu uutena määräyksenä, sekä hyötykuorman kasvaminen  $1,5 \text{ kN/m}^2$ :stä  $2,0 \text{ kN/m}^2$ :iin, hyötykuorman arvon korottaminen ei ole varmuuksien ja lujuuksien kasvaessa ole rakenteita suuresti kasvattava muutos.

Opinnäytetyön tein itselleni, joten suunnittelussa pyrittiin löytämään kustannustehokkain rakenneratkaisun, joka täyttää rakentamisessa olevat lait ja määräykset. Pääpaino kustannuksia laskettaessa oli hankkeessa käytettävillä materiaaleilla ja rakenneratkaisuilla. Yläkerran laajennus on tarkoitus toteuttaa vuoden

2016 kesällä. Rakentaminen tullaan toteuttamaan omin voimin pois lukien LVIS-työt.

## **1.2 Työn tavoite ja rajaus**

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada rakennuslupaa varten tarvittavat piirustukset ja laskelmat. Kustannuslaskelmien mukaan haetaan hankkeeseen pankkilainaa.

Asuntosuunnitteluvaiheessa tutustuttiin Suomessa oleviin rakentamista koskeviin lakeihin, asetuksiin, määräyksiin ja ohjeisiin, jotta laajennus täyttää edellä mainitut hyvän rakennustavan vaatimukset.

Rakennesuunnittelu suoritettiin Eurokoodi 5:n ja sen kansallisen liitteen mukaan. Rakennesuunnittelu rajattiin koskemaan vain puisia välipohjarakenteita. Liitokset rajattiin koskemaan vain puutavaraliitoksia, joissa liittiminä toimivat naulat.

Työn kustannuslaskelmavaiheessa keskityttiin puuvälipohjien erilaisiin rakenneratkaisuihin ja niistä johtuviin kustannuseroihin sekä kahteen erilaiseen seinän lämmöneristys ratkaisuun. Kustannuslaskelma laskettiin vain rakennustarvikkeille ja LVIS-töistä pyydettiin erilliset urakat.

## **2 Asuntosuunnittelu**

### **2.1 Asuntosuunnittelun tavoitteet**

Suunnittelun lähtökohtana oli saada yläkertaan lisää tilaa muuttuneen perheeseen. Alakerrassa on vain kaksi makuuhuonetta, joten lasten kasvaessa lisätilan tarve oli ilmiselvä.

Asuntosuunnittelun laatua koskevat keskeiset säädökset sisältyvät maankäyttö- ja rakennuslakiin MRL 5.2.1999/132, maankäyttö- ja rakennusasetukseen MRA 10.9.1999/895 sekä RakMK:n osaan G1 asuntosuunnittelu määräykset ja ohjeet 3.2005.

Kaikkeä talonrakentamista koskevia määräyksiä ja ohjeita ovat RakMK:n osat A, C, D, E, F, SFS-standartit ja eurokoodit. Lisäksi on hyvää rakennustapaa edustavia ohjeita kuten ohjejulkaisut, RYL-julkaisut, työselostukset, RT-kortit ja RT-ohjetiedostot.[1, 1–2.]

Yläkerran huoneiden käyttötarkoituksena on lepo, työskentely ja vapaa-ajan vietto. Talon alakerrassa sijaitsee kaksi WC:tä, joten en katsonut tarpeelliseksi sijoittaa yläkertaan erillistä WC:tä. Huonetilaohjelmassa (taulukko 1) esitetään asunnon tilat ennen laajennusta ja laajennuksen jälkeen.

Taulukko 1. Huonetilaohjelma

<b>Alakerta</b>	<b>Huonealat m<sup>2</sup></b>
MH 1	12,4
MH 2	11,3
OH	21,4
ET	15
K+ruokailu	31,5
KHH	13,2
WC	2,2
KPH	7,8
S	3,5
VH	1,9
TEKN	4,9
SIILOHUONE	5,2
Alakerta	130,3
<b>Yläkerta</b>	<b>Huonealat m<sup>2</sup></b>
MH 3	13,7
MH 4	13,7
AULA	14,8
OLESKELU	15,8
PORRAS	2,3
VH	4,2
Yläkerta	64,5
<b>Yhteensä</b>	<b>195 m<sup>2</sup></b>

Asuntosuunnittelussa otettiin huomioon elämän eri tilanteet ja tarpeen niin vaatiessa kaikille lapsille omat huoneet. Kehäkattotuolien antama huoneleveys oli 4 metriä ja huonekorkeus lähtötilanteessa 2600 mm, jotka rajoittivat huonetilojen suunnittelua. Muita suunnittelua rajoittavia tekijöitä oli hormin ja porrastouksen sijainti. Kuvassa 1 selviää yläkerran suunnittelun lähtötilanne.



Kuva 1. Asuntosuunnittelun lähtötilanne.

Yläkertaan suunniteltiin kuusi kappaletta erilaisia pohjaratkaisuja, joista viimeisin miellytti kaikkia osapuolia. Suunnittelussa pyrittiin huomioimaan lapsien eri ikävaiheiden tuomat vaatimukset ja tilan tarpeet.

Yläkertaan tuli kaksi erillistä makuuhuonetta, vaatehuone, aulatila ja oleskelutila, joka voidaan myöhemmässä vaiheessa muuttaa makuualkoviksi ja/tai työpis- teeksi. Yläkerran laajennus mallinnettiin Vertex BD mallinnusohjelmalla (kuva 2), Autocadilla piirrettiin pohja-, leikkaus-, detalji- ja julkisivukuvat rakennuslu- pahakemukseen (liite 1).





Kuva 2. Vertex BD:llä mallinnettu yläkerran laajennus.

## 2.2 Huonetilat

### 2.2.1 Ohjeet huonetilojen suunnitteluun

Huonetilat tulee suunnitella käyttötarkoituksensa mukaan turvallisiksi ja viihtyisiksi.

Asumiseen tarkoitettujen tilojen tulee olla tarkoituksenmukaisia ja viihtyisiä. Asuntosuunnittelulla tulee edistää asumiseen tarkoitettujen tilojen toimivuutta sekä soveltuvuutta erilaisiin ja muuttuviin asumistarpeisiin.[2, 2.]

Asuinhuoneen koon ja muodon tulee huoneen aiottu käyttö ja kalustettavuus huomioon ottaen olla tarkoituksenmukaisia. Asuinhuoneen huonealan tulee kuitenkin aina olla vähintään 7 m<sup>2</sup>. Huonealaan ei lueta 1600 mm matalampaa tilaa. [2, 2.]

### 2.2.2 Portaات

Porras on suunniteltava ja rakennettava turvallisesti, riittävän väljäksi ja käyttö-tarkoitustaan vastaavaksi [3, 4]. Asuinhuoneesta toiseen välittävän portaان nousu saa olla maksimissaan 190 mm ja etenemä vähintään 250 mm ja leveys vähintään 800 mm [4, 6].

Portaan nousun ja etenemän suhde on valittava siten, että porras on helppokulkuinen ja tarkoitukseen sopiva. Normaaliin askelrytmiin sopiva suhde saadaan kaavasta 1. [4, 4.]

$$2 * n + e = 630 \text{ mm} \quad (1)$$

Jossa

$n$	Askelman nousu	mm
$e$	Askelman etenemä	mm

Kaavaa voi soveltaa seuraavin toleranssein:  $630 \text{ mm}_{-30}^{+10}$  [4, 4].

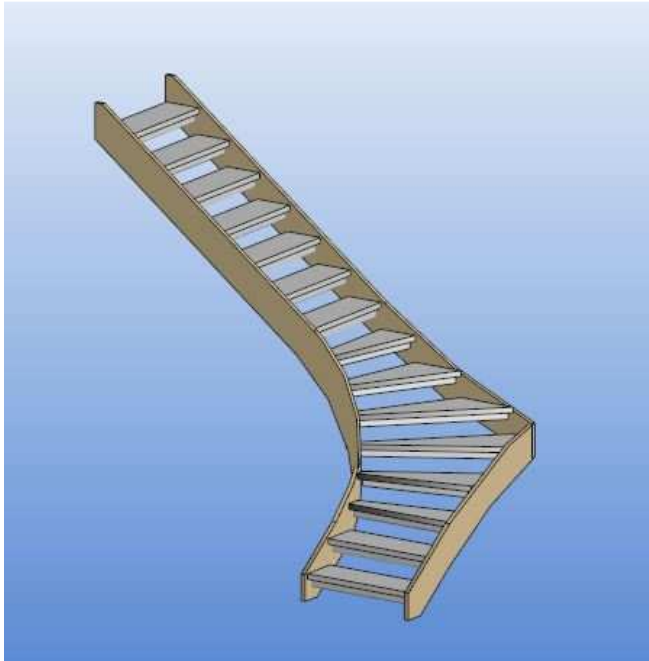
Portaille oli vuoden 2007 suunnitelmissa varattu paikka eteiseen heti ulko-oven viereen. Portaات suunniteltiin L-mallisena. Portaiden suunnittelun lähtötietoina olivat kerroskorkeus noin 3010 mm ja eteiseen varattu tila, joka oli 1664 mm.

Kerroskorkeus jaettiin maksimi porrasmousulla. Askelmien määräksi tuli 16 kappaletta. Nousuksi saatiin 189,75 mm ja etenemäksi 260 mm. Saadut tulokset tarkastettiin kaavalla 1. Portaan vaakaosan pituus on 1550 mm ja pystyosuus 3100 mm

$$2 * 189,75 \text{ mm} + 260 \text{ mm} = 639,5 \text{ mm}$$

Asunnon portaان avoaskelman välistä ei saa mahtua 100 mm:n kokoinen kuu-tio. Porrassyöksen ja välitasanteen sivupinnan ja seinän välistä ei saa mahtua

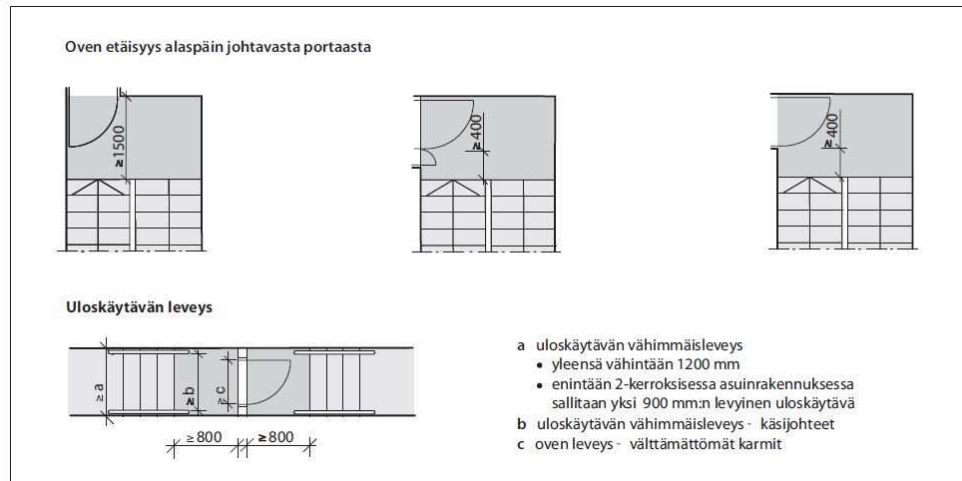
50 mm:n kokoinen kuutio, muussa tapauksessa porras ja välitasanne on varustettava kaiteella. [3, 4.] Vertexillä luotiin 3-D kuva portaasta (kuva 3).



Kuva 3. Vertexillä mallinnetut portaat.

### 2.2.3 Aula

Porrasnousun jälkeen sijoitettiin huonealaltaan  $14,8 \text{ m}^2$  aulatila. Aulan suunnittelussa tuli ottaa huomioon ovien etäisyys portaasta sekä kaiteen korkeus ja kaiteen ulottuma portaasta. Kaiteen korkeus on minimissään 900 mm ja ulottuma portaan yläpäästä vähintään 300 mm [4, 10]. Kuvasta 4 selviää ovien minimietäisyydet portaasta.



Kuva 4. Oven etäisyys alasjohtavasta portaasta ja uloskäytävän kulkureitillä olevan oven etäisyys portaasta [4, 7].

## 2.2.4 Makuuhuoneet

Makuuhuone on usein tarkoitettu ruokakunnan jäsenen nukkumiseen, työskentelyyn, yksityiseen oleskeluun, harrastuksiin jne. Makuuhuonetta käytetään myös päivälepoon ja rentoutumiseen. [5, 1.]

Yläkertaan suunniteltiin kaksi makuuhuonetta molemmat huonealaltaan 13,7 m<sup>2</sup>. Makuuhuoneet sijoituivat yläkerran molempiin päätyihin. Makuuhuoneisiin sijoitetaan sänky, työpöytä, komero säilytystä varten ja kirjahylly.

Makuuhuoneiden päätyseiniin sijoitettiin ikkunat, jotka toimivat pelastautumisessa varateinä. Huoneistosta poistuminen varatietä pitkin varmistetaan kiinteillä turvatikkailla.

Asuinhuoneessa tulee olla ikkuna, jonka valoaukko on vähinään 1/10 huonealasta. Ikkunan sijoituksen ja muun järjestelyn tulee olla valoisuuden ja viihtyisyyden kannalta tarkoituksenmukainen. Huoneen ikkunan tai osan siitä tulee olla avattavissa. [2, 2.]

Varatienä käytettävät ikkunat varustetaan kiinteillä kahvoilla ja varatieikkunan aukiopitolaiteen tulee olla turvallinen, mutta hätätilanteessa rikottavissa.

Varatienä voidaan pitää tarkoituksenmukaisesti sijoitettua parveketta tai ikkuna-aukkoa, joiden kautta pelastautuminen on mahdollista joko pelastamistoimenpitein tai kiinteitä tikkaita pitkin taikka muita sopivia rakennusosia hyväksi käyttäen maanpinnalle tai muulle palon sattuessa turvalliselle paikalle. [6, 29.]

Jos 2-kerroksisen P3- tai P2-luokan rakennuksen varatienä käytettävältä parvekkeelta tai ikkunalta pudottautumiskorkeus maanpinnalle tai muulle palossa turvalliselle paikalle on yli 3,5 m, pääsy turvaan varmistetaan aina kiinteillä tikkailla. [6, 29.]

Varatienä käytettävä ikkuna tehdään helposti avattavaksi. Sen vapaan aukon korkeus on vähintään 600 mm ja leveys 500 mm siten, että korkeuden ja leveyden summa on vähintään 1500 mm. [6, 29.]

### 2.2.5 Säilytys

Säilytystilan tarve eri ruokakunnilla hyvin erilainen, yleistä kuitenkin on, että tarve ylittää käytössä olevan tilan. Säilytystila toteutetaan makuuhuoneisiin sijoitettavilla komeroilla, joihin tulee vaatesäilytykseen tarvittavat hyllyt, laatikostot ja henkaritangot sekä aulatilaan sijoitetulla noin 4 m<sup>2</sup>:n vaatehuoneella. Lisäksi makuuhuoneisiin sijoitetaan kirjahyllyt.

Taulukossa 2 näkyy säilytystilantarve ruokakunnan mukaan. Olemassa oleva säilytystila täyttäisi 2...4 hengen ruokakunnan säilytystarpeen. Lisäsäilytys tilaa tarvitaan noin 2500 mm, joista puolet tankokomeroita ja puolet hyllykomeroita.

Säilytystilan tarve täyttyy kahdella 1800 mm leveällä irtokomerolla, jotka sijoitetaan makuuhuoneisiin. Kausitavaroita varten säilytys järjestettiin vaatehuoneeseen.

Taulukko 2. Säilytystilantarve ruokakunnan mukaan [7, 3].

Säilytystilantarve ruokakunnan mukaan.

Talous henkeä	Liinavaatteet HK* mm	Vaatteet TK* + HK* mm	Yhteensä mm	Ulkovaatteet naulakko mm	Siivousvälineet SK* mm	Harrastusvälineet mm
1...2	500...600	1000...1400 + 500...1200	2000...3200	600...800	500	600
2...4	600	1200...2400 + 1200...2400	3000...5400	800...1200 + 400 HK	500...600	600...1000
4...6	600...1200	1800...3600 + 1800...3600	4200...7800	1200...1400 + 600 HK	600...800	1000...1200

\* HK = hytilykomero    TK = tankokomero    SK = siivouskomero

### 2.2.6 Oleskelu

Oleskelutila, joka sijoittui makuuhuoneiden väliin (liite 1) voidaan muuttaa tarvittaessa makuualkoviksi ja/tai työskentelytilaksi on pinta-alaltaan 16 m<sup>2</sup>.

### 2.3 U-arvot

Rakennuksen tulee täyttää energiatalouden ja lämmöneristyksen perusvaatimukset. Perusvaatimukset täyttyvät kun rakennusmääräyskokoelman osassa D3 rakennusosille määritetyt lämmönläpäisykertoimet alittuvat tai ovat yhtä suuret. Rakennusmääräyskokoelman osassa C4 Lämmöneristys ohjeet 2012 (luonnos 16.3.2012) sisältävät yhden tavan todeta määräysten täyttyminen.[8, 6.]

Rakenneosia vertailtiin Puuinfon sivuilta löytyvällä U-arvolaskurilla. Tämän jälkeen seinien lämmöneristysratkaisujen kustannuksia vertailtiin (liite 9) ja kustannustehokkaimmista rakenneratkaisusta laskettiin käsin tarkat U-arvot (liitteet 2-5).

Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina ( $U$ ) käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa.[9, 13.]

seinä	0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)	0,40 W/(m <sup>2</sup> K)
yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/(m <sup>2</sup> K)
ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/(m <sup>2</sup> K)
maata vasten oleva rakennusosa	0,16 W/(m <sup>2</sup> K)
ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,0 W/(m <sup>2</sup> K)

Rakennuksen lämmöneristystä suunnitellessa on kiinnitettävä huomiota rakenteen lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan [9, 11]. Rakennusosan lämmönläpäisykerrointa ( $U$ ) laskettaessa ainekerroksen lämmönjohtavuutena ( $\lambda$ ) käytetään lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvoa ( $\lambda_U$ ) [8, 6].

Rakennusosan lämmönläpäisykerroin ( $U$ ) on rakennusosan kokonaislämmönvastuksen ( $R_T$ ) käänteisluku kaava 2 [8, 6].

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (2)$$

Jossa

$U$	Rakennusosan lämmönläpäisykerroin	W/(m <sup>2</sup> K)
$R_T$	Rakennusosan kokonaislämmönvastus	m <sup>2</sup> K/W

Lämpö voi johtua rakennusosan sisälle usean eri ainekerroksen läpi. Ainekerrokset voivat poiketa toisistaan suuresti lämmönjohtavuudeltaan ja paksuudeltaan, yksittäisen ainekerroksen lämmönvastuksen arvo ( $R$ ) lasketaan aineker-

roksen paksuutta ( $d$ ) ja ainekerroksen lämmönjohtavuutta ( $\lambda_U$ ) käyttäen kaavalla 3. [8, 7.]

$$R = \frac{d}{\lambda_U} \quad (3)$$

Jossa

$R$	Ainekerroksen lämmönvastus	$\text{m}^2\text{K/W}$
$d$	Ainekerroksen paksuus	(m)
$\lambda_U$	Ainekerroksen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

Rakennusosan lämmönjohtavuudeltaan erilaiset ainekerrokset voivat olla lämpövirran suuntaan nähden peräkkäin tai rinnan.

Lämpövirran suuntaan nähden peräkkäisistä ainekerroksista muodostuvan rakennusosan kokonaislämmönvastus ( $R_T$ ) lasketaan kaavalla 4 [8, 7].

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (4)$$

Jossa

$R_t$	Rakennusosan kokonaislämmönvastus	$\text{m}^2\text{K/W}$
$R_{si}$	Sisäpuolinen pintavastus	$\text{m}^2\text{K/W}$
$R_1, R_2, \dots, R_n$	Rakennusosien 1,2,n lämmönvastukset	$\text{m}^2\text{K/W}$
$R_{se}$	Ulkopuolinen pintavastus	$\text{m}^2\text{K/W}$

Pintavastuksina( $R_{si}$  ja  $R_{se}$ ) käytetään taulukossa 3 esitettyjä arvoja.



Taulukko 3. Rakenneosan sisä- ja ulkopuolen pintavastukset [8, 22].

Pintavastus m <sup>2</sup> K/W	Lämpövirran suunta		
	Ylöspäin	Vaakasuoraan	Alaspäin
sisäpuolen pintavastus ( $R_{si}$ )	0,10	0,13	0,17
ulkopuolen pintavastus ( $R_{se}$ )	0,04	0,04	0,04

Lämpövirran suuntaan rinnakkaisille rakennusosille lasketaan yläikiarvo ( $R'_T$ ) ja alalikiarvo ( $R''_T$ ). Rakennusosan kokonaislämmönvastus ( $R_T$ ) (kaava 5) on näiden arvojen keskiarvo.[8, 7.]

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} \quad (5)$$

Jossa

$R'_T$  Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläikiarvo m<sup>2</sup>K/W

$R''_T$  Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo m<sup>2</sup>K/W

Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläikiarvoa ( $R'_T$ ) (kaava 6) laskettaessa rakennusosa jaetaan lämpövirran suuntaisiin itsenäisiin lohkoihin, jotka muodostuvat peräkkäin olevista lämmönjohtavuudeltaan erilaisista ainekerroksista. Muodostetun lohkon lämmönjohtavuudella jaetaan kyseisen lohkon osuus lämpövirran suuntaan olevasta rakennusosan pinta-alasta.[8, 8.]

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{Tn}} \quad (6)$$

Jossa

$R'_T$  Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläikiarvo m<sup>2</sup>K/W

$f_a, f_b, \dots, f_n$  Lohkojen a, b, ..., n osuudet rakennusosan lämpövirran suuntaan nähden kohtisuorasta pinta-alasta

$R_{Ta}, R_{Tb}, \dots, R_{Tn}$  Lohkojen a, b, ..., n kokonaislämmönvastukset  $\text{m}^2\text{K/W}$

Rakennusosan lämmönvastuksen alalikiarvoa ( $R_T''$ ) laskettaessa rakennusosa jaetaan lämpövirran suuntaan nähden kohtisuoriin koko rakenneosan läpi ulottuviin kerroksiin siten, että jokainen kerros on lämmönjohtavuudeltaan yhtenäinen lämpövirran suunnassa. [8, 8.]

Tämän jälkeen jokaisen lohkon rinnakkaiset lämmönjohtavuusarvot yhdistetään kerros kerrokselta käyttäen alla olevaa kaavaa 7. [8, 8.]

$$\frac{1}{R_j''} = \frac{f_a}{R_{ja}} + \frac{f_b}{R_{jb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{jn}} \quad (7)$$

Jossa

$R_j''$  Rakennusosan kerroksessa j yhdistettävien rinnakkaisten lohkojen a, b, ..., n yhteenlaskettu lämmönvastus  $\text{m}^2\text{K/W}$

$f_a, f_b, \dots, f_n$  Yhdistettävien rinnakkaisten lohkojen a, b, ..., n osuudet rakennusosan lämpövirran suuntaan nähden kohtisuorasta pinta-alasta -

$R_{ja}, R_{jb}, \dots, R_{jn}$  rakennusosan kerroksessa j yhdistettävien rinnakkaisten lohkojen a, b, ..., n lämmönvastukset  $\text{m}^2\text{K/W}$

Lämmönjohtavuudeltaan erilaisten rinnakkaisten lohkojen lämmönvastuksen yhdistämisen jälkeen rakenneosan kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo ( $R_T''$ ) lasketaan kaavalla 8. [8, 8.]

$$R_T'' = R_{si} + (R_1'' + R_2'' + \dots + R_j'') + (R_1 + R_2 + \dots + R_K) + R_{se} \quad (8)$$

Jossa

$R_T''$	Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo	$\text{m}^2\text{K/W}$
$R_{si}$	Sisäpuolen pintavastus	$\text{m}^2\text{K/W}$
$R_{se}$	Ulkopuolen pintavastus	$\text{m}^2\text{K/W}$
$R_1'', R_2'', \dots, R_j''$	Rakennusosan kerroksissa a, b, ..., j olevien rinnakkaisten lohkojen yhdistetyt lämmönvastukset	$\text{m}^2\text{K/W}$
$R_1, R_2, \dots, R_K$	Rakennusosan tasa-aineisista ja tasapaksuisista ainekerroksista muodostuvien kerrosten 1, 2, ..., k lämmönvastukset	$\text{m}^2\text{K/W}$

Korjatun lämmönläpäisykertoimen ( $U_c$ ) laskennassa lisätään laskettuun lämmönläpäisykertoimeen ( $U$ ) lämmönläpäisykertoimen korjaustermi ( $\Delta U$ ) alla olevalla kaavalla 9. [8, 10.]

$$U_c = U + \Delta U \quad (9)$$

jossa

$U_c$	Rakennusosan korjattu lämmönläpäisykerroin	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
$U$	Rakennusosan lämmönläpäisykerroin	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
$\Delta U$	Lämmönläpäisykertoimen korjaustermi	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

Lämmönläpäisykertoimen korjaustermi ( $\Delta U$ ) lasketaan kaavalla 10.[8, 10]

$$\Delta U = \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_r + \Delta \ddot{U}_\psi \quad (10)$$

jossa

$\Delta U$	Lämmönläpäisykertoimen korjaustermi	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
$\Delta U_f$	mekaanisista kiinnikkeistä aiheutuva korjaustekijä	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
$\Delta U_g$	ilmaraoista aiheutuva korjaustekijä	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
$\Delta U_r$	Käännytyistä katoista aiheutuva korjaustekijä	$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$

$\Delta\ddot{U}_\psi$  Viivamaisista kylmäsilloista aiheutuva korjaustekijä W/(m<sup>2</sup>K)

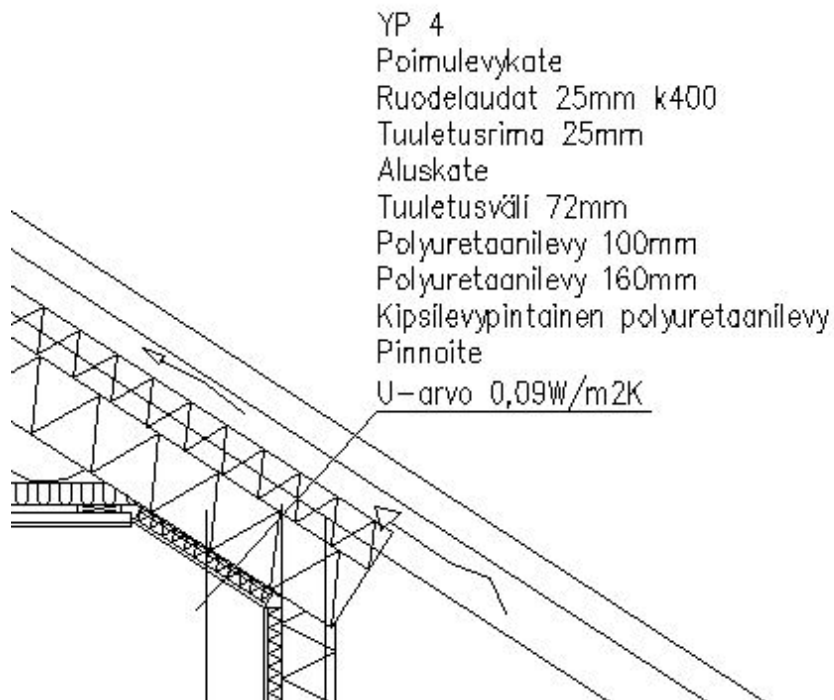
### 2.3.1 Yläpohja

Yläkerran laajennukseen tuli kaksi erityyppistä yläpohjarakennetta, suora osuus toteutettiin puhallusvillalla (kuva 6) ja viisto osuus polyuretaanilevyllä (kuva 5).

U-arvon vertailuarvo kyseisille rakenteille oli 0,09 W/m<sup>2</sup>K. Yläpohjan suora osuus koolattiin ristikoolauksella tulevia sähköasennuksia varten. Vaino osuuden pintarakenteeksi valikoitui kipsilevypintainen polyuretaanilevy, tällä ratkaisulla saatiin sisäpuolelle yhtenäinen eristekerros, joka vaikutti korjauskerrointen pienemiseen.

Polyuretaaniin tarvitsema rakennepaksuus oli ohuempi kuin mineraalivillalla toteutettu vastaava eristys. Mineraalivillalla toteutettu lämmöneristys olisi vaatinut runkotalppien tai vaakakoolauksen lisäämisen tuulensuojalevyn ja pintalevyn asentamista varten, tämä nosti mineraalivilla seinän materiaalikustannuksia ja työn kestoa.

Polyuretaanieristys oli omana työnä toteutettuna neliöhinnaltaan hieman suurempi kuin mineraalivilla eristys, mutta ei merkittävä tämän kokoisessa laajennuksessa (Liite 9).

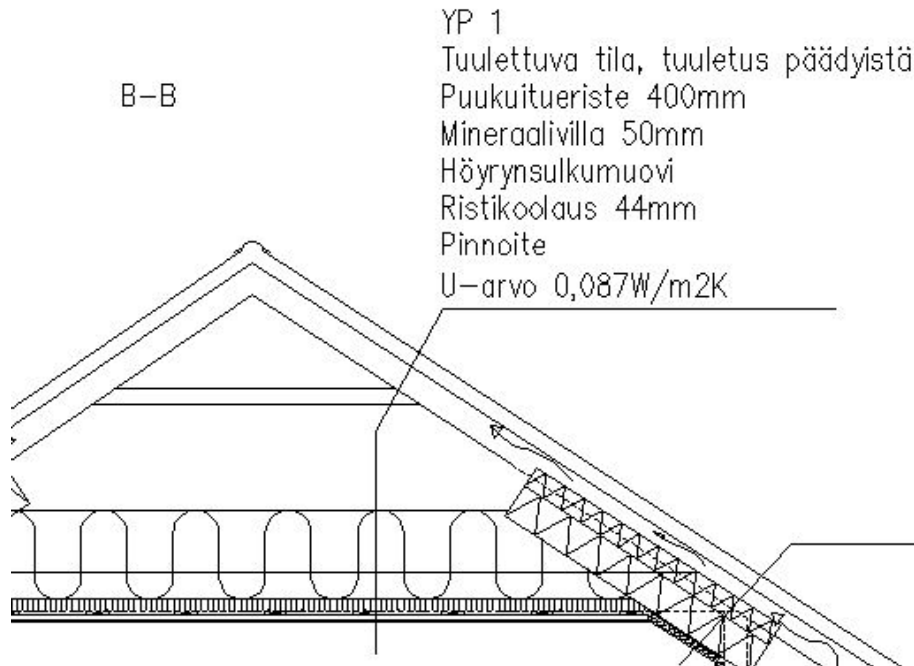


Kuva 5. Rakenneleikkaus 1. Yläpohjan vino osuus.

Materiaali tiedot:

SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=260 mm
SPU Anselmi	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=30 mm
Kattoristikko k900	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Leveys d=48 mm

Yläpohjan U-arvo vaatimus oli 0,09 W/m²K. Yläpohjan vino osuuden (kuva 5) U-arvoksi saatiin 0,089 W/m²K. Rakenneosan lasketut U-arvot liitteessä 2.



Kuva 6. Rakenneleikkaus 2. Yläpohjan suora osuus.

Materiaali tiedot:

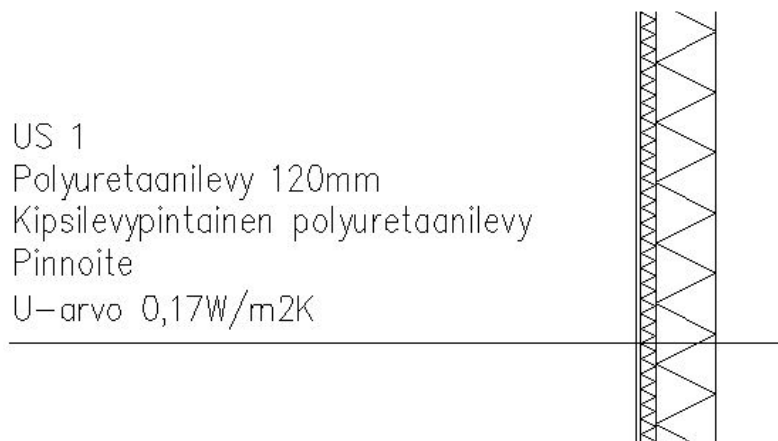
Puukuitueriste	$\lambda_U=0,039 \text{ W/mK}$	Paksuus d=400 mm
Mineraalivilla	$\lambda_U=0,036 \text{ W/mK}$	Paksuus d=50 mm
Kattotuoli k900	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Leveys d=48 mm

Yläpohjan U-arvo vaatimus oli  $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Yläpohjan suoran osuuden (kuva 6). U-arvoksi saatiin  $0,087 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Yläpohjan suora osuus toteutettiin puhallettavalla puukuitueristeellä. Katto koolataan ristiin tulevia sähköasennuksia varten.

Suorassa osassa tarkasteltiin myös kipsilevypintaisen polyuretaanilevyn käyttöä, mutta siitä luovuttiin sähköasennuksien vaikeuden, kustannuksien nousun ja huonekorkeuden madaltumisen vuoksi. Yläpohjassa tarkasteltiin myös mahdollisen haitallisen konvektio esiintyminen. Rakenneseosan U-arvo laskelmat liitteessä 3.

### 2.3.2 Ulkoseinät

Ulkoseinät toteutettiin alumiinipintaisella polyuretaanieristeellä ja sisäpinnassa oli kipsilevypintainen polyuretaanilevy. Päätyseinillä olemassa oleva runko on 48\*148 (kuva 8) ja rungon jako k600 mm ja sivuseinillä (kuva 7) kattotuolien antama jako k900 mm. Molemmille seinille laskettiin omat U-arvot.



Kuva 7. Rakenneleikkaus 3. Sivuseinät.

Materiaali tiedot:

SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=120 mm
SPU Anselmi	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=30 mm
Kattotuoli k900	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Leveys d=48 mm

Ulkoseinien U-arvo vaatimus oli  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Kyseessä olevan ulkoseinän (kuva 7.) U-arvoksi saatiin  $0,165 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Rakenneosan U-arvo laskelmat liitteessä 4.



Kuva 8. Rakenneleikkaus 4. Päätyseinät.

Materiaali tiedot:

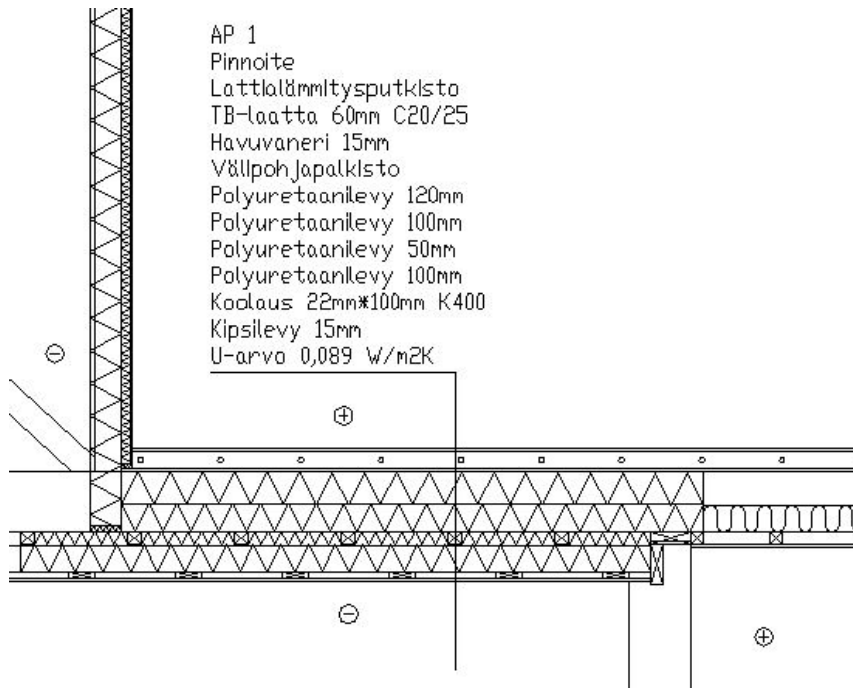
SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=150 mm
SPU Anselmi	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=30 mm
Runko k600	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Leveys d=48 mm

Ulkoseinien U-arvo vaatimus oli  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Kyseessä olevan ulkoseinän (kuva 8.) U-arvoksi saatiin  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Rakennelosan U-arvo laskelmat liitteessä 4.

### 2.3.3 Alapohja

Laajennuksessa oli pinta-alaltaan noin  $8,5 \text{ m}^2$  ulkoilmaan rajoittuva alapohja, alapohja sijoittuu oikean puoleisen makuuhuoneen kohdalle (liite 1). Alla olevassa kuvassa (kuva 9) esitetään alapohjan rakenneleikkaus.





Kuva 9. Rakenneleikkaus 5. Toisen makuuhuoneen alapohja rajoittui osittain ulkoilmaan.

Materiaali tiedot:

Havuvaneri	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Paksuus d=15 mm
SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=120 mm
SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=100 mm
SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=50 mm
SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=100 mm
Alapaarre 223 mm k375	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Leveys d=96 mm
Koolausta 48 mm k600	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Leveys d=48 mm

Ulkoilmaan rajoittuvan alapohjan U-arvo vaatimus oli  $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Kyseessä olevan rakenteen korjatuksi U-arvoksi saatiin  $0,089 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Alapohjan eriste paksuudeksi saatiin yhteensä 370 mm, eriste paksuuteen vaikutti tiheäkö palkkijako alapohjan värähtelyn rajoittamiseksi. Rakennesosan U-arvo laskelmat liitteessä 5.

### 3 Rakenteet

#### 3.1 Rakenteita ohjaavat määräykset ja ohjeet

Eurokoodien käyttö alkoi vuonna 2007 ja korvasivat siihen asti voimassa olleet RakMK:n määräykset vuonna 2010. Rakenteiden suunnittelua ohjaa Suomen rakennusinsinööriliiton RIL vuonna 2009 päivitetty puurakenteiden suunnitteluohje, joka on jaettu kahteen osaan RIL 205-1-2009:ään ja RIL 205-2-2009:ään.

Ensimmäinen osa perustuu standardiin EN 1995-1-1 Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt ja niiden Suomen kansalliset liitteet.[10, 3.] Toinen osa perustuu standardiin 1995-1-2 Puurakenteiden palomitoitus. Vuoden 2009 ohje on päivitetty versio vuoden 2007 ohjeesta. Suunnittelu toteutettiin Finnwoodin 2.3 SR1 ohjelmalla.

Yläkerran laajennus on tarkoitus toteuttaa kehäkattotuolien avulla. Kattotuolien väli oli k-900 ja k-1100 kyseessä oleva alapaarteiden väli ei riitä kantamaan välipohjalle tulevia kuormia, joten kattotuolien väliin oli asennettava erilliset välipohjapalkit.

Olemassa olevien kehäkattotuolien alapaarre on poikkileikkaukseltaan 48 mm:ä\* 223 mm:ä. Palkkien jänneväli on 9300 mm – 10900 mm. Rakennuksen keskilinjalle on sijoitettu kantava väliseinä. Yksittäinen välipohjapalkki oli asennettava kahdesta erillisestä osasta, jotka liitetään toisiinsa naulaliitoksella.

Kantavassa väliseinässä on kaksi kappaletta aukonylityspalkkia jännemitaltaan 1700 mm:ä. Olemassa oleva palkki ei pysty kantamaan välipohjan kasvanutta kuormaa, joten palkin poikkileikkaus on määritettävä uudestaan. Palkki mitoitetaan murto- ja käyttörajatilassa.

Kävelystä johtuvat värähtelyt otetaan huomioon asuin-, kokoontumis-, myymälä- ja toimistorakennusten käyttörajatilamitoituksessa [10, 206]. Tällä hetkellä ole-

van kansallisenliitteen mukaan värähtelystä voidaan sopia rakennuttajan kanssa [10, 92].

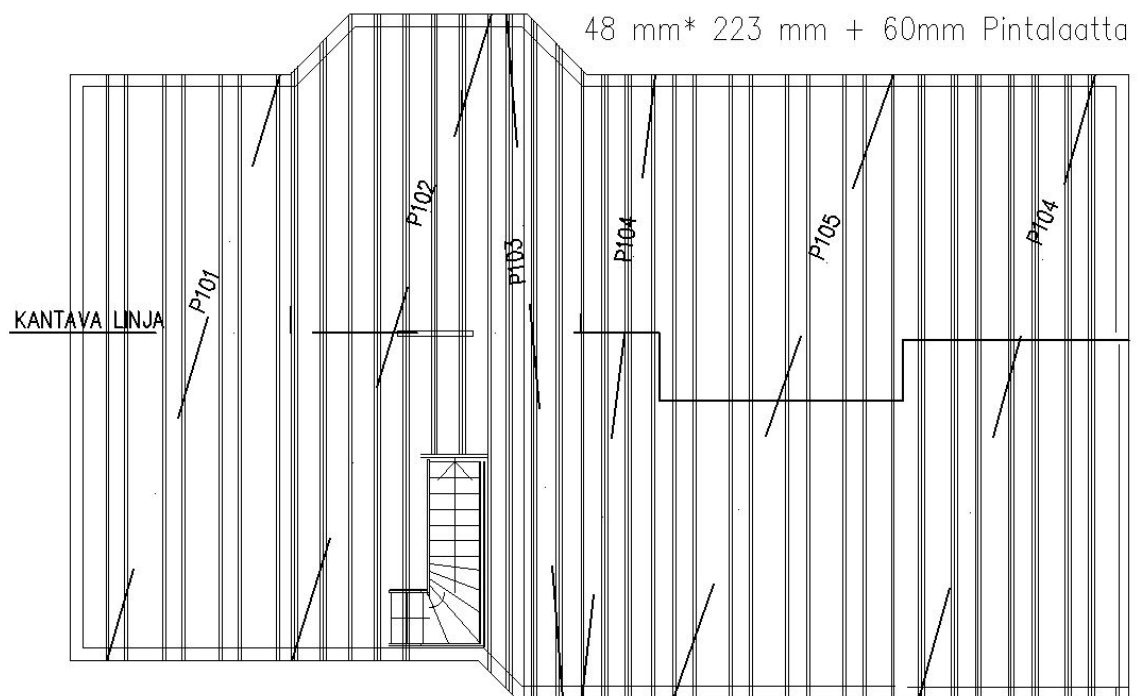
Jos asuin-, ja toimistohuoneiston lattiarakenteen alin ominaistajuus on  $f_1 \geq 9$  Hz, tarkistetaan, ellei rakennuttajan kanssa muuta soviteta, että seuraava ehto toteutuu:  $\delta \leq 0,5$  mm.[10, 92.]

jossa

$\delta$  1 kN staattisen pistevoiman aiheuttama lattian suurin hetkellinen painuma lattiapalkin kohdalla.[10, 92]

### 3.2 Välipohjapalkit

Välipohjaan tulee kuusi kappaletta jänneväliltään erilaista palkkia (kuva 10), palkit nimettiin P101, P102...P106. Palkki P103 on jänneväliltään suurin, jonka kokonaismitta oli 10842 mm:ä. Palkki toteutettiin jatkuvana kaksiaukkoisena palkkina, jossa jänneväli L1 oli 5796 mm ja jänneväli L2 5047 mm.



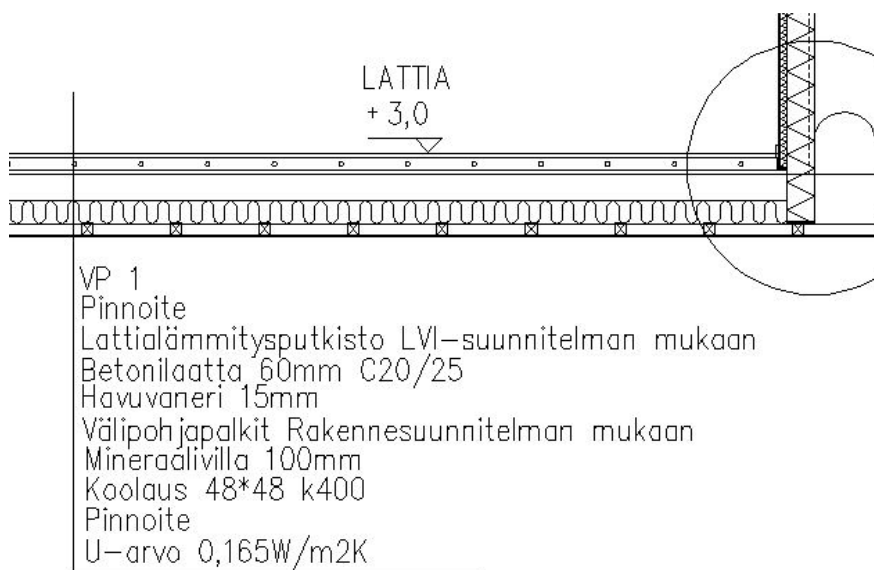
Kuva 10. Palkkikaavio.

Välipohjapalkkien laskenta aloitettiin jänneväliltään suurimman palkin P103 poikkileikkauksen määrittämisellä. Jänneväliltään pienempien palkkien koko pidettiin samana kuin palkin P103, mutta palkkien jaolla etsittiin paras mahdollinen

palkkien lukumäärä, niin kustannuksiltaan kuin rakenteeltaan. Palkit tulee mitoittaa murto- ja käyttörajatilassa.

Välipohjan kuormitukset koostuvat välipohjan omapainosta, hyötykuormasta ja väliseinien tuomasta kuormasta. Rakenteisiin kiinnitettyjen ei-kantavien kevyiden väliseinien omapaino voidaan käsitellä tasaisena lattiakuormana, jolle ei saa käyttää pienempää lukuarvoa kuin  $g_k=0,3 \text{ kN/m}^2$  [10, 31.] Hyötykuorman ominaisarvona käytetään  $q_k=2,0 \text{ kN/m}^2$  [10, 32.]

Välipohjan omapaino lasketaan nimellismittojen ja nimellistilavuuden mukaan [10, 31]. Palkkijako oletettiin keskimääräisesti k350 mm:ksi. Välipohjan rakenneleikkaus esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Rakenneleikkaus 6. Välipohjarakenne lämpimien tilojen välissä.

Välipohjan omapaino, painot ovat neliöpainoja.

Pinnoite 14 mm	7,5 kg/m <sup>2</sup>
TB-laatta 60 mm	0,06 m <sup>3</sup> *2400 kg/m <sup>3</sup> =144 kg/m <sup>2</sup>
Havuvanerit 15 mm	0,015 m <sup>3</sup> *460 kg/m <sup>3</sup> =6,9 kg/m <sup>2</sup>
Tuplavälipohjapalkki	0,021 m <sup>3</sup> *500 kg/m <sup>3</sup> =10,7 kg/kpl*3 kpl/m <sup>2</sup> =32,1 kg/m <sup>2</sup>
Mineraalivilla 100 mm	2,6 kg/m <sup>2</sup>
Koolaus 48 *48 k400	0,048 m <sup>3</sup> *400 kg/m <sup>3</sup> =0,92 kg/kpl*3 kpl/m <sup>2</sup> =2,8 kg/m <sup>2</sup>

Paneeli 14 mm                      5,6 kg/m<sup>2</sup>

Välipohjan omapainoksi saatiin 201,5 kg/m<sup>2</sup>, tähän lisätään väliseinien minimi omapaino 30 kg/m<sup>2</sup>, saadaan välipohjan omapainoksi 231,5 kg/m<sup>2</sup>.

Välipohjapalkit toteutetaan jatkuvina kaksiaukkoisina palkkeina. Palkkien epäkeskeiset kuormat ja toteutus kaksiaukkoisena luovat haastavan staattisen mallin. Palkit ovat staattisesti määräämättömiä ja käsin laskettavana vaikeita ja aikavieviä.

Palkit laskettiin Metsä Wood:n verkkosivuilta löytyvällä Finnwood SR1 ohjelmalla. Ohjelmalla voidaan valita vapaa rakenne, jolla jännevälit, tuet ja kuormat voidaan sijoittaa vapaasti.

Ohjelmassa oleva pinta-alayksikön massa on määritettävä käsilaskennalla, ohjelma ei automaattisesti laske massaa vapaassa rakenteessa. Massa ( $m$ ) on lattian oman painon ja hyötykuormasta osuuden 30 kg/m<sup>2</sup> yhteen laskettu massa [11, 1.] massa lasketaan kaavalla 11.

$$m = G_k + 30 \text{ kg/m}^2 \quad (11)$$

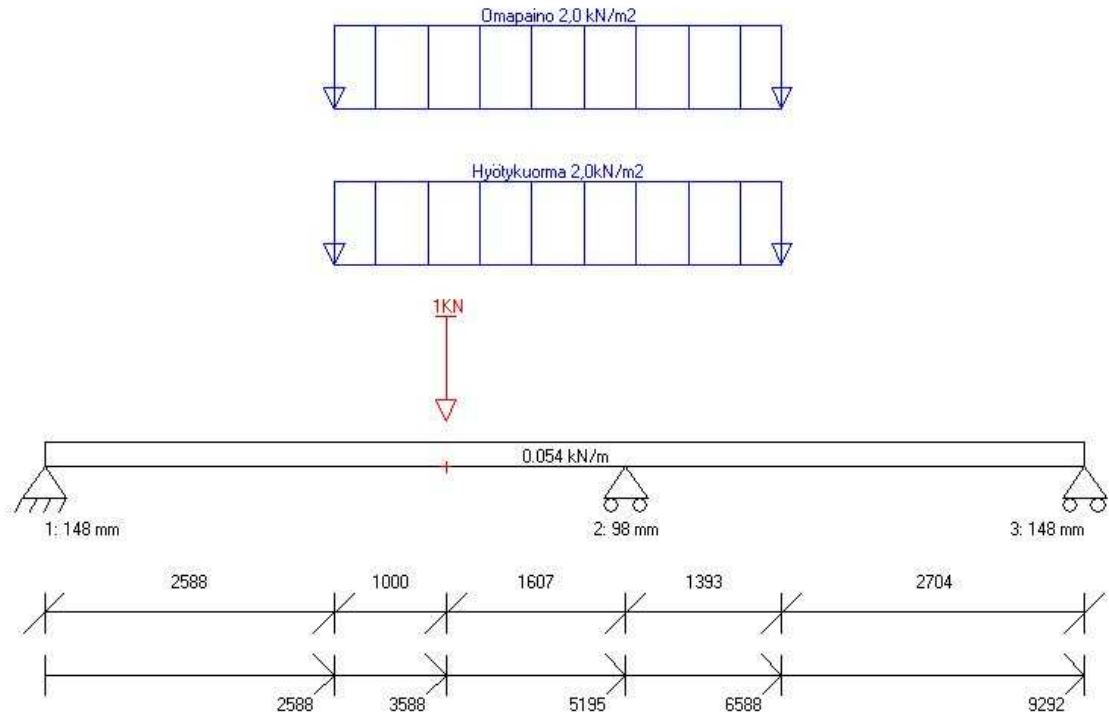
jossa

$G_k$                       Lattian omapaino                      Kg/m<sup>2</sup>

$$m = 201,5 \text{ kg/m}^2 + 30 \text{ kg/m}^2 = 231,5 \text{ kg/m}^2$$

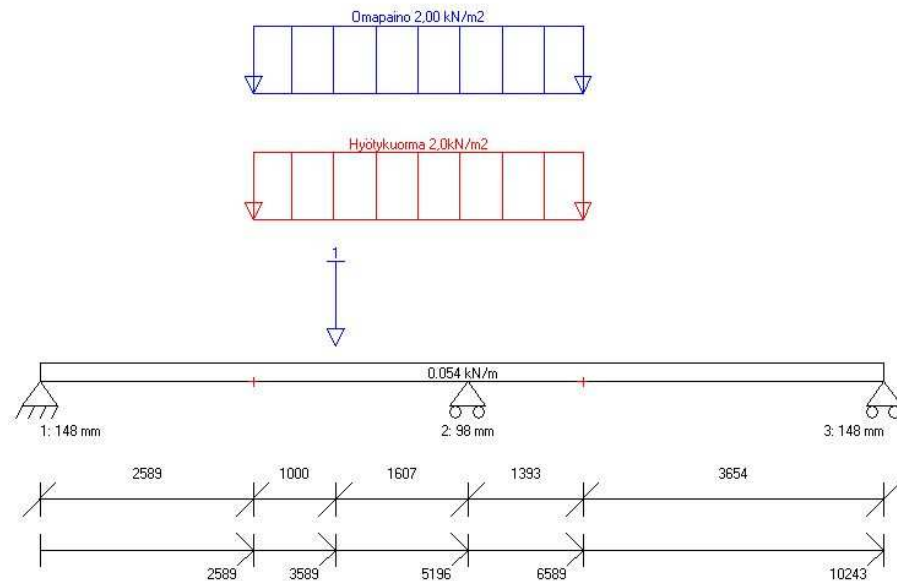
Alla on esitetty palkkien jännevälit, kuormitukset ja tukien paikat. Palkkien tarkemmat laskelmat esitetty liitteessä 6.

Palkki P101 (kuva 12) on jänneväliltään 9292 mm, palkin poikkileikkaukseksi saatiin 48 mm\* 223 mm ja palkkijaoksi k300 mm. Laskelmat liitteessä 6 alkaen sivulta 1.



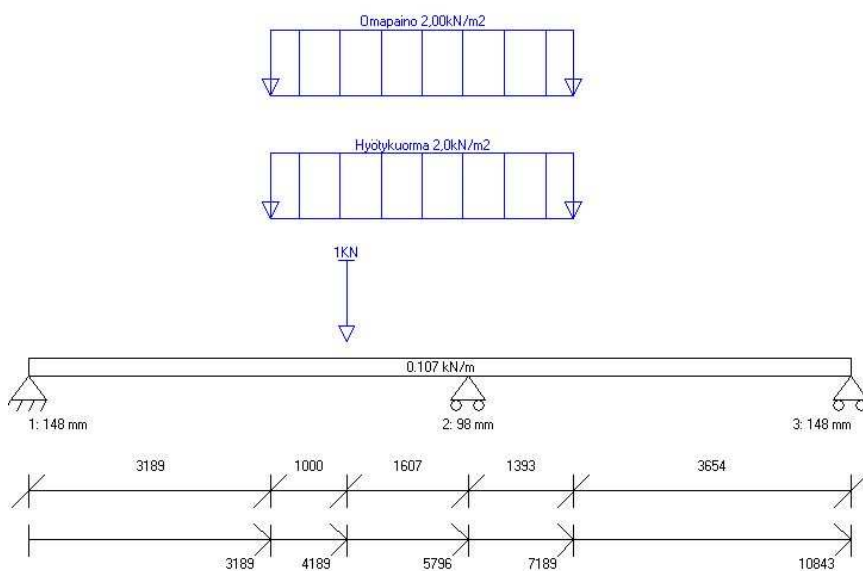
Kuva 12. Palkki P101 jänneväli ja kuormitus. (Omapainosta on vähennetty palkkien omapaino)

Palkki P102 (kuva 13) on jänneväliltään 10243 mm, palkin poikkileikkaukseksi saatiin 48 mm\* 223 mm ja palkkijaoksi k300 mm. Laskelmat liitteessä 6 alkaen sivulta 5.



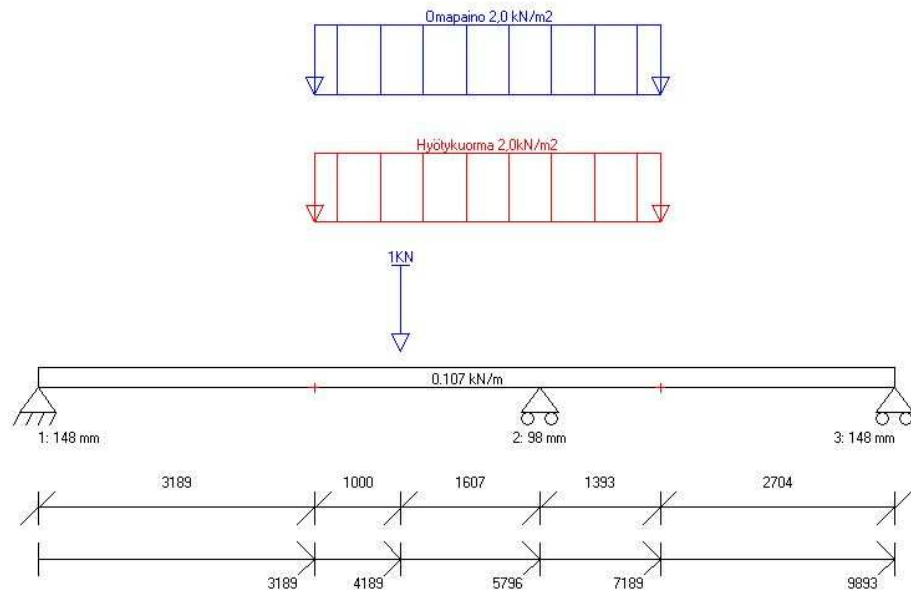
Kuva 13. Palkki P102 jänneväli ja kuormitus. (Omapainosta on vähennetty palkkien omapaino)

Palkki P103 (kuva 14) on jänneväliltään 10843 mm, palkin poikkileikkaukseksi saatiin 2\*48 mm\* 223 mm ja palkkijaoksi k450 mm. Laskelmat liitteessä 6 alkaen sivulta 9.



Kuva 14. Välipohjapalkki P103 kuormitus. (Omapainosta on vähennetty palkkien omapaino)

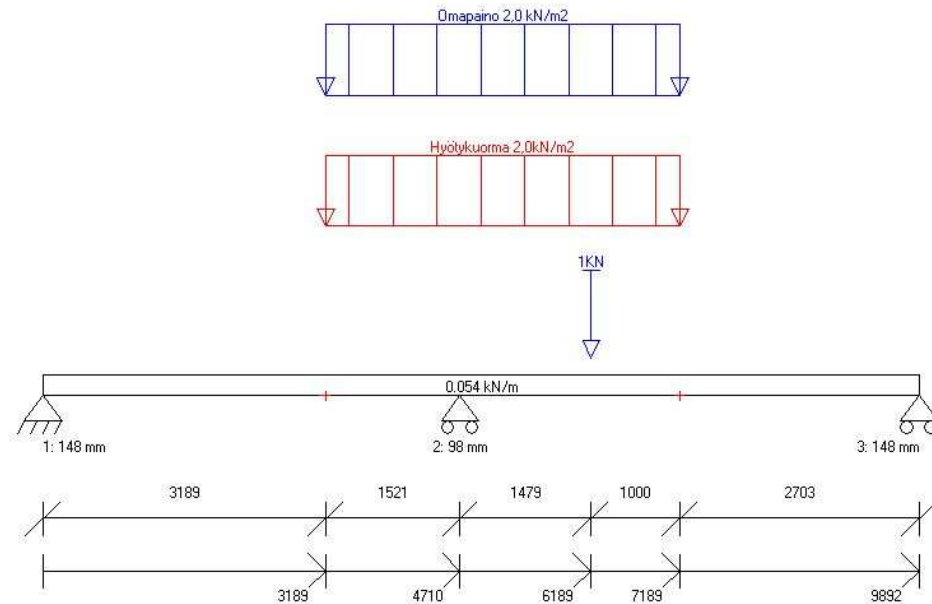
Palkki P104 (kuva 15) on jänneväliltään 9398 mm, palkin poikkileikkaukseksi saatiin 2\*48 mm\* 223 mm ja palkkijaoksi k450 mm. Laskelmat liitteessä 6 alkaen sivulta 13.



Kuva 15. Palkki P104 jänneväli ja kuormitus. (Omapainosta on vähennetty palkkien omapaino)



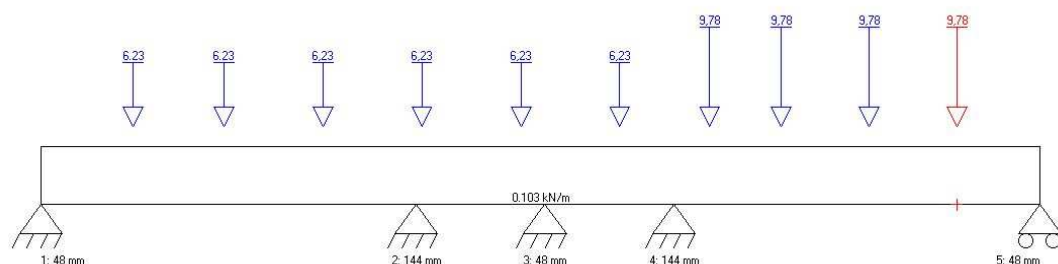
Palkki P105 (kuva 16) on jänneväliltään 9892 mm, palkin poikkileikkaukseksi saatiin 48 mm\* 223 mm ja palkkijaoksi k300 mm. Laskelmat liitteessä 6 alkaen sivulta 17.



Kuva 16. Palkki P105 jänneväli ja kuormitus. (Omapainosta on vähennetty palkkien omapaino)

### 3.3 Aukonylityspalkki

Alakerran aukonylityspalkit kantavat välipohjapalkkien P102 ja P103 kuormat (kuva 17). Palkin P102 keskimmäisen tuen tukivoima on 6,23 kN (liite 6 sivu 7) ja palkin P103 keskimmäisen tuen tukivoima on 9,78 kN (liite 6 sivu 11). Aukonylityspalkki laskettiin Finnwood SR1 ohjelmalla. Aukonylityspalkin kuormitukset ja tuet esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Aukonylityspalkin kuormitus välipohjapalkeilta P102 ja P103.

Aukonylityspalkki toteutetaan Kerto-s palkilla poikkileikkaukseltaan 2\*39 mm \*260 mm. Laskelmat liitteessä (liite 7).

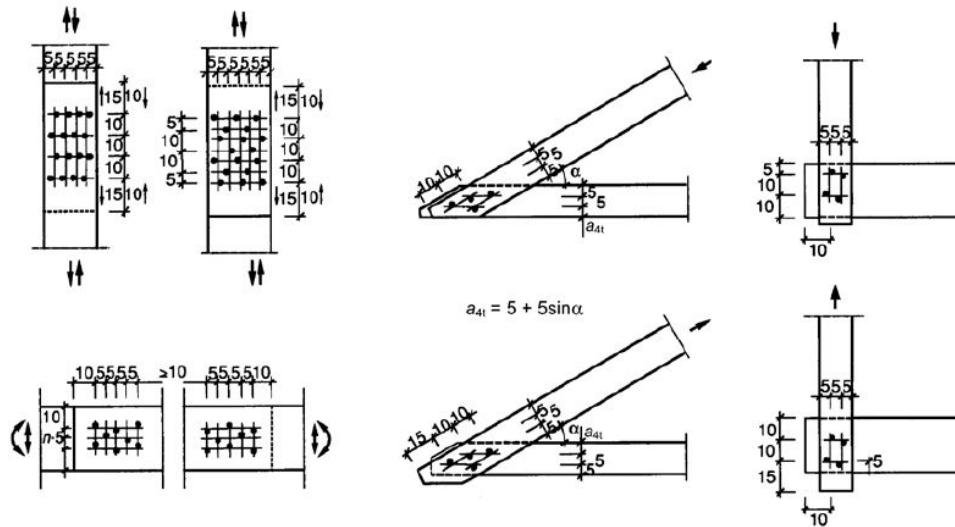
## **4 Liitokset**

### **4.1 Naulaliitokset**

Naulaliitokset mitoitetaan tanskalaisen K. W Johanssenin 1940-luvulla kehittämän puikkoliitosteorian mukaan [12, 45]. Puikkoliitosteorian mukaan liitoksen kestävydestä osa perustuu puun keston liittimen aiheuttamaa painetta vastaan ja osa liittimen taivutuskestävyydestä.[13, 20.]

Naulaliitokset mitoitetaan RIL 205-1-2009 lyhennetyn suunnitteluohjeen mukaan. Kaavat ovat yksinkertaistettuja ja johtavat varmalla puolella oleviin tuloksiin [10, 100].

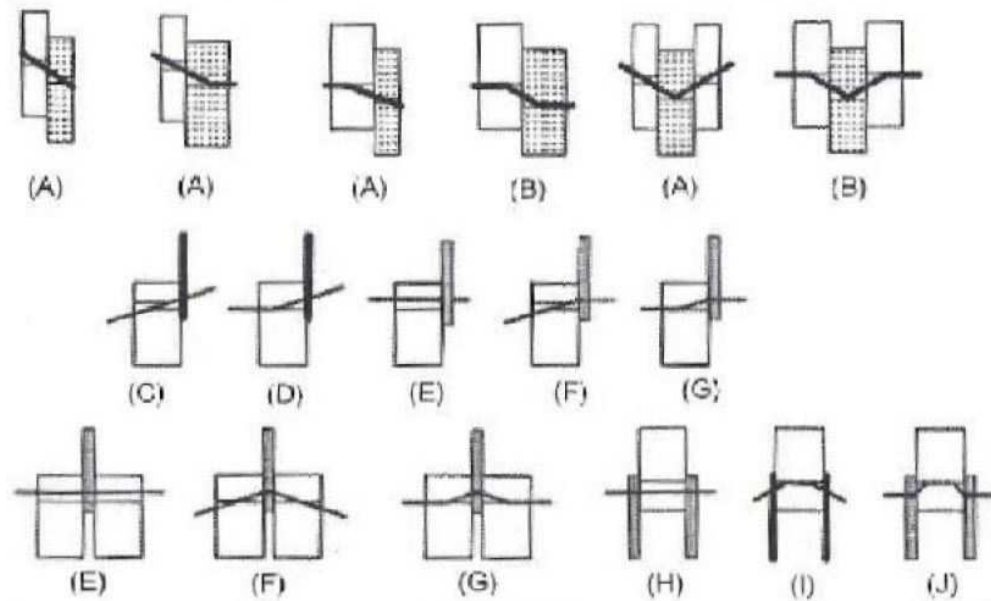
Liittimien sijoittelu ja koot sekä liitinvälit, reuna- ja päätyetäisyydet tulee valita siten, että oletettu liitoksen kestävyys ja jäykkyys voidaan saavuttaa.[10, 95.] Kuvassa 18 selviää naulojen pienimmät sallitut etäisyydet.



Kuva 18. Naulojen pienimmät sallittavat etäisyydet. Yksikkönä naulan paksuus  $d$ . [10, 105.]

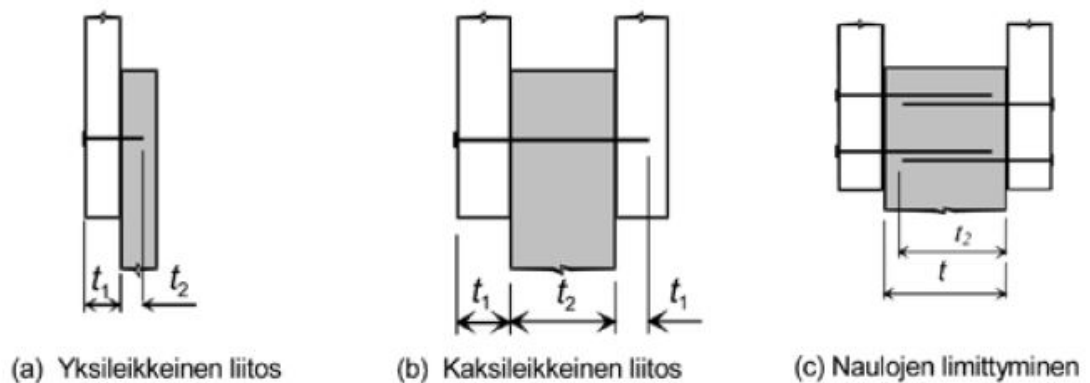
Liitos ja liitin tyyppejä on monia erilaisia, tässä työssä liittiminä toimivat naulat ja liitos on tyypiltään puutavara liitos.

Puurakenteiden metallisilla puikkoliittimillä toteutetuissa liitoksissa mitoitetaan liittimen poikittainen kestävyys, liittimien ulosvetolujuus ja puuosien kestävyys lohkeamista, halkeamista ja murtumista vastaan. Liitoksen murtuminen voi johtua minkä tahansa liitososan kestävyiden pettämisestä. [13, 20.]



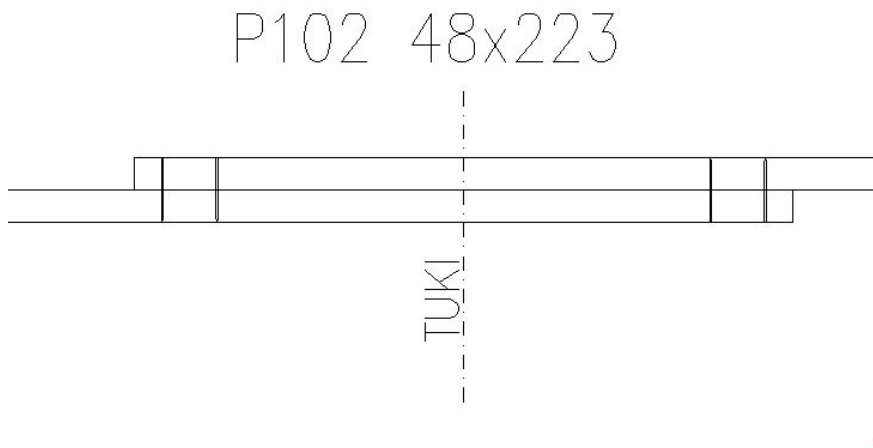
Kuva 19. Liitosten murtotavat, ylärivissä tässä työssä vastaan tulevat murtotavat [10, 116].

Liitokset jaotellaan yksi-, - tai kaksileikkiseksi (kuva 20). Naulan tunkeutuma kussakin puutavarassa on vähintään  $8d$ . Sahatavaralla kannan puoleinen minimipaksuus kuitenkin  $7d$ . [10, 101.] Naulaliitoksessa tulee olla vähintään kaksi naulaa ja nailat lyödään siten, että naulan kanta on tasan puunpinnan kanssa. [10, 101–102.]



Kuva 20. Naulaliitoksen määritelmä. [10, 101]

Laajennuksessa tullaan käyttämään liitostyyppiä a (kuva 20). Työmaalla tapahtuvien virheiden välttämiseksi palkit P101, P102 ja P105 mitoitetaan samalla yksileikkeisellä liitoksella (kuva 21) ja palkit P103 ja P104 samalla kaksileikkeisellä liitoksella (kuva 23).

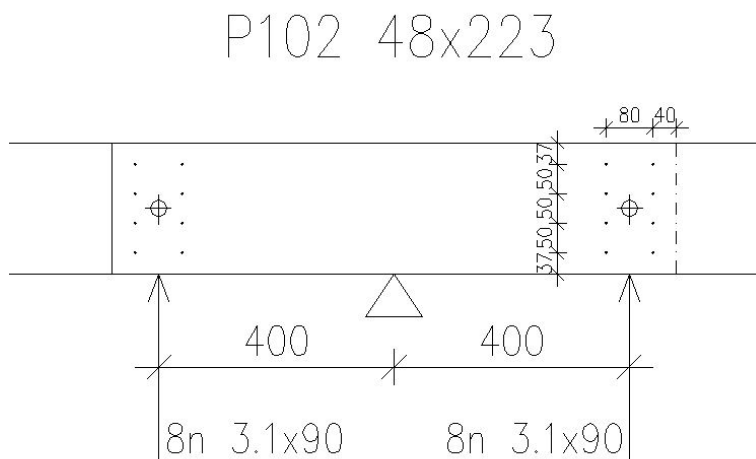


Kuva 21. Palkin P102 yksileikkeinen liitos.

## 4.2 Naulaliitosten mitoitus

### 4.2.1 Palkit P101, P102 ja P105

Palkki ryhmästä P101, P102 ja P105 suurin tuella B vaikuttava voima on palkilla P102 (liite 6) palkkiryhmän liitokset lasketaan palkin P102 maksimikuormien mukaan. Liitoksen keskikohta sijaitsee kantavan väliseinän päällä (kuva 22).



Kuva 22. Palkin P102 naularyhmän sijoittelu ja kantavan väliseinän paikka.

Tuella vaikuttava maksimimomentti on 2,3 kNm ja maksimi leikkausvoima 3,71 kN. Lasketaan liitoksen keskiöissä vaikuttava yhdistetty kuormitus kaavalla 12.

$$P_d = \frac{M_d}{a} + \frac{V_d}{2} \quad (12)$$

Jossa

$M_d$	Tuella vaikuttava maksimimomentti	kNm
$V_d$	Tuella vaikuttava maksimi leikkausvoima	kN
$a$	Kahden naularyhmän keskiöiden etäisyys	m
$a$	800 mm (kuva 23)	

$$P_d = \frac{2,3 \text{ kNm}}{0,8 \text{ m}} + \frac{3,71 \text{ kN}}{2} = 4,73 \text{ kN}$$

Valitaan naulaksi konenaula 3,1 x 90, jolloin  $t_1=48$  mm ja  $t_2=42$  mm. Taulukossa 4 esitetään lankanauiloilla kootun kahden puun välisen liitoksen leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvoja  $R_d$ .

Taulukko 4. Leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvoja  $R_d$  [10, 103].

Puutavara	Sahatavara C24 - C30; Liimapuu GL24, GL28c						Sahatavara $\geq$ C35; Liimapuu $\geq$ GL32; Kertopuu					
	Pysyvä		Keskipitkä		Hetkellinen		Pysyvä		Keskipitkä		Hetkellinen	
Käyttö- luokka	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3	1 ja 2	3
<b><math>\square d \times L</math></b>												
$\square 2,1 \times 50$	210	180	280	230	380	310	250	210	340	270	460	380
$\square 2,5 \times 60$	290	240	380	310	520	420	340	280	450	370	620	510
$\square 2,8 \times 75$	380	310	500	410	690	560	450	380	600	490	820	670
$\square 3,4 \times 100$	540	450	720	580	980	800	650	540	860	700	1150	970
$\square 4,2 \times 125$	770	640	1050	840	1400	1150	920	770	1250	1000	1650	1400
$\square 5,1 \times 150$	1100	900	1450	1150	1950	1600	1300	1100	1750	1400	2300	1950
$\square 5,5 \times 200$	1250	1050	1650	1350	2200	1800	1500	1250	2000	1600	2600	2200
$\square 6,0 \times 225$	1450	1200	1900	1550	2500	2100	1700	1450	2300	1850	3000	2600
<b><math>\bigcirc d \times L</math></b>												
$\bigcirc 2,1 \times 50$	200	170	270	220	360	300	240	200	320	260	430	360
$\bigcirc 2,5 \times 60$	270	230	360	300	490	410	330	270	430	350	580	490
$\bigcirc 2,8 \times 75$	330	280	440	360	590	490	400	330	520	430	710	590
$\bigcirc 3,1 \times 90$	390	330	520	420	710	590	470	390	620	510	840	700
$\bigcirc 3,4 \times 100$	460	380	610	500	830	680	550	460	730	590	990	820
$\bigcirc 3,8 \times 120$	550	460	730	600	1000	830	660	550	880	720	1200	990
$\bigcirc 4,2 \times 130$	650	550	870	710	1150	980	780	650	1050	750	1400	1200
$\bigcirc 4,6 \times 145$	760	640	1050	820	1350	1150	910	760	1250	990	1650	1400
$\bigcirc 5,0 \times 160$	880	730	1200	950	1600	1350	1100	880	1400	1150	1900	1600

Neliskulmaisilla lankanauiloilla ( $\square$ ) ja pyöreillä konenauiloilla ( $\bigcirc$ ) kootun yksileikkeisen puutavara-liitoksen leikkausvoimakestävyyden **mitoitusarvoja**  $R_d$  [N], kun  $t_2 = 12d$  ja  $t_1 = L - 12d > 8d$ . Samoja arvoja voidaan käyttää myös  $t_2 > 12d$  tartuntapituuksilla, kun  $t_1 \geq 8d$ . Esitetyt naulapituudet ovat optimaalisia puun paksuudella  $t_1 = 8d$ . Pidemmille nauiloille voidaan käyttää samoja arvoja.

Kun puutavaran ja naulan tunkeutumispituuksien vaikutukset otetaan huomioon, naulan leikkauskestävyyden mitoitusaro voidaan laskea kaavalla 13.

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_m} * k_\rho * \left\{ \frac{k_t}{k_e} * R_k \right. \quad (13)$$

Jossa

$k_{\text{mod}}$  Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin

$\gamma_m$  Materiaalin jäykkyys- ja kestävyysominaisuuksien osavarmuusluku

$$k_\rho \quad k_\rho = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}}$$

jossa

$\rho_k$  Puutavaran ominaistiheys  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Jos  $t_1 \geq 8d$  ja  $t_2 \geq 12d$ , naulan leikkauskestävyyttä saadaan korottaa kertoimella  $k_t$  kaava 14 [10, 104].

$$k_t = \max \left\{ \frac{1 + 0,3 * \frac{t_1 - 8d}{8d}}{1 + 0,3 * \frac{t_2 - 12d}{6d}} \right\} \quad (14)$$

Jos naulan tunkeutuma  $t_1 < 8d$  tai  $t_2 < 12d$ , naulan leikkauskestävyyttä alennetaan kertoimella ( $k_e$ ) kaava 15 [10, 104].

$$k_e = \min \left\{ \frac{\frac{t_1}{8d}}{\frac{t_2}{12d}} \right\} \quad (15)$$

$R_k$	Esiporaamattomana $R_k = 120d^{1,7}$	N
	Esiporattu $R_k = 130d^{1,8}$	N

$$k_t = \max \left\{ \frac{1 + 0,3 * \frac{48 - 8 * 3,1}{8 * 3,1} = 1,28}{1 + 0,3 * \frac{42 - 12 * 3,1}{6 * 3,1} = 1,08} \right\}$$

$$k_\rho = \sqrt{\frac{350 \frac{kg}{m^3}}{350 \frac{kg}{m^3}}} = 1$$

$$R_k = 120 * 3,1^{1,7} = 821,3 \text{ N}$$

$$R_d = \frac{0,8}{1,4} * 1 * 1,28 * 821,3 \text{ N} = 600,7 \text{ N}$$

Lasketaan tarvittava naulamäärä kaavalla 16 [13, 201].

$$n = \frac{P_d}{R_d} \quad (16)$$

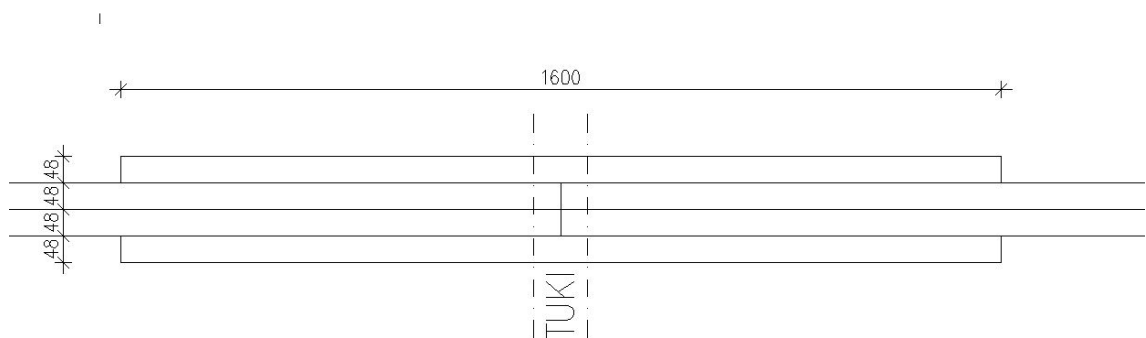
$$n = \frac{4,37 \text{ kN}}{0,600 \text{ kN}} = 7,28 \text{ naulaa}$$



Palkkeihin P101, P102 ja P105 saatiin naulamääräksi 8 kpl/liitinryhmä, naulat sijoitetaan kuvan 22 mukaisesti. Liitinryhmien keskiöiden etäisyys 800 mm:ä.

#### 4.2.2 Palkit P103 ja P104

Palkit P103 ja P104 Toteutetaan tuplapalkkina 2\*48 mm \*223 mm ja liitokset tehdään kaksileikkeisenä (kuva 23).



Kuva 23. Palkin P103 ja P104 kaksileikkeinen liitos.

Molempien palkkien liitokset mitoitetaan palkissa P104 olevan maksimikuormien mukaan. Palkin P104 jänneväli on 9893 mm, liitoksen keskikohta on kantavan väliseinän päällä (kuva 24).

Palkissa P104 tuella vaikuttavat kuormat on katsottu Finnwood SR1 ohjelman tulosteesta ja ne on pyöristetty varmempaan suuntaan. Tuen maksimikuormat ovat:

$$M_d = 3,93 \text{ kNm}$$

$$V_d = 5,86 \text{ kN}$$

Lasketaan liitosten keskiöissä vaikuttava yhdistetty kuormitus.

$$P_d = \frac{M_d}{a} + \frac{V_d}{2}$$

Jossa

a Kahden naularyhmän keskiöiden etäisyys m

a 650 mm (kuva 24)

$$P_d = \frac{3,93 \text{ kNm}}{0,65 \text{ m}} + \frac{5,86 \text{ kN}}{2} = 8,98 \text{ kN}$$

Valitaan naulaksi lankanaula 5,5\*175, jossa naulaliitoksen määritelmän (kuva 20) mukaiset tunkeutumat ovat  $t_1 = 31 \text{ mm}$  ja  $t_2 = 96 \text{ mm}$ .

Kun puutavaran ja naulan tunkeutumispuiteuksien vaikutukset otetaan huomioon, naulan leikkauskestävyyden mitoitusarvo voidaan laskea kaavalla 17 [10, 217].

$$R_d = m * \frac{k_{mod}}{\gamma_m} * k_{\rho} * \left\{ \frac{k_t}{k_e} * R_k \right. \quad (17)$$

jossa

m Leikkeiden lukumäärä (1 tai 2)

Jos  $t_1 \geq 8d$  ja  $t_2 \geq 12d$ , naulan leikkauskestävyyttä saadaan korottaa kertoimella  $k_t$  kaava 14 [10, 104].

$$k_t = \max \left\{ \frac{1+0,3 * \frac{t_1-8d}{8d}}{1+0,3 * \frac{t_2-12d}{6d}} \right. \quad (14)$$

Jos naulan tunkeutuma  $t_1 < 8d$  tai  $t_2 < 12d$ , naulan leikkauskestävyyttä alennetaan kertoimella  $k_e$  kaava 15 [10, 104].

$$k_e = \min \left\{ \frac{\frac{t_1}{8d}}{\frac{t_2}{12d}} \right. \quad (15)$$

Tarkistetaan nauhojen tunkeutuma.

$t_1 = 31 \text{ mm}$

$$8d = 8 * 5,5 \text{ mm} = 44 \text{ mm}$$

$$t_2 = 96 \text{ mm}$$

$$12d = 12 * 5,5 \text{ mm} = 66 \text{ mm}$$

$$t_1 < 8d$$

$$t_2 > 12d$$

Naulan tunkeutuma  $t_1$  on alle  $8d$ , naulan leikkauskestävyyttä alennetaan kertoimella  $k_e$ .

$$k_e = \min \left\{ \frac{\frac{t_1}{8d}}{\frac{t_2}{12d}} \right\}$$

$$k_e = \min \left\{ \frac{\frac{31 \text{ mm}}{8 * 5,5} = 0,70}{\frac{96 \text{ mm}}{12 * 5,5} = 1,45} \right\}$$

$$k_\rho = \sqrt{\frac{350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}} = 1$$

$$R_k = 120 * 5,5^{1,7} = 2176 \text{ N}$$

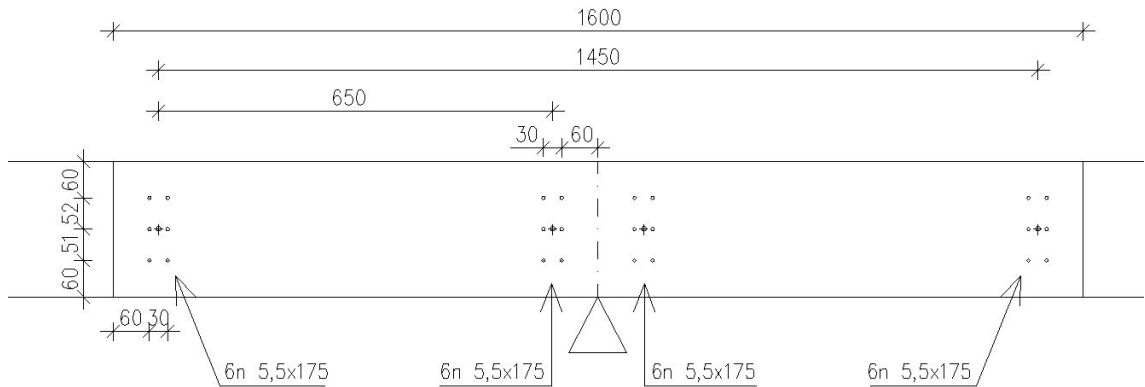
$$R_d = 2 * \frac{0,8}{1,4} * 1 * 0,7 * 2176 \text{ N} = 1740 \text{ N}$$

Lasketaan tarvittava naulamäärä kaavalla 16 [13, 201].

$$n = \frac{P_d}{R_d} \tag{16}$$

$$n = \frac{5,16 \text{ kN}}{1,74 \text{ kN}} = 5,2 \text{ naulaa}$$

Naularyhmään lyödään kuusi kappaletta 5,5x175 nautoja/liitinryhmä (kuva 24).



Kuva 24. Palkin P103 ja P104 naularyhmitt.

Liitospuuna käytetään samaa puutavaraa 48 mm\* 223 mm kuin palkeissa, näin ollen liitospuuta ei tarvitse mitoittaa.

## 5 Kustannuslaskelma

### 5.1 Kustannuslaskelman tarkoitus ja raja

Kustannuslaskelman tarkoituksena on saada laajennushankkeelle hinta arvio, jolla haetaan pankkilainaa. Tässä työssä kustannukset laskettiin pelkille materiaaleille, koska laajennuksen työn osuus tullaan toteuttamaan omin voimin.

Laajennusta suunniteltaessa ilman tarkkaa neliömäärää kustannustavoitteeksi ajateltiin noin 500 €/m<sup>2</sup>, joka neliöiden tarkentuessa 65 m<sup>2</sup>:ksi oli 32 500 euroa sis. ALV 24 %. Materiaalien hinnat otettiin rautakauppojen verkkosivuilta ja LVIS-töistä pyydettiin erilliset urakat.

Rakennushankkeen kustannukset syntyvät pääosin rakentamisvaiheessa, mutta suunnitteluvaiheessa kustannuksiin voidaan vaikuttaa eniten [14, 118]. Suurimmat kustannuserät joihin suunnitteluvaiheessa pystyttiin vaikuttamaan, muodostuivat välipohjapalkeista ja eristeistä. Välipohjarakenteessa vertailtiin kolmea eri vaihtoehtoa, jotka olivat Kerto-s palkisto kipsilevy lattialla sekä pintavalulla ja sahatavarapalkisto pintavalulla (liite 8).

Sahatavarapalkisto kipsilevy lattialla ei täyttänyt välipohjalle asetettuja värähtelyvaatimuksia, joten se jätettiin pois. Vaihtoehtoisia välipohjarakenteita oli muitakin, mutta tässä työssä niihin ei kiinnitetty huomiota. Eristeissä vertailtiin polyuretaani lämmöneristystä ja mineraalivillalla toteutettua lämmöneristystä (liite 9).

## 5.2 Palkit

Pientalojen vähimmäishuonekorkeus on 2400 mm [2, 2]. Yläkerran huonekorkeus lähtötilanteessa oli 2600 mm, huonekorkeus pyrittiin pitämään mahdollisimman suurena, palkkien korkeutta pienennettiin palkkien tiheämmällä k-jaolla, tämä vaikutti palkkien määrään ja kustannuksiin. Lopullinen huonekorkeus on 2460 mm.

Alkuperäisessä vuonna 2007 tehdyssä suunnitelmassa oli tehdä yläkerran lattia kolmikerros kipsilevystä. Kipsilevylattian ongelma on lattiarakenteen pieni massa, joka vaikuttaa värähtelyn taajuuteen, jonka rajoittaminen kasvattaa palkin kokoa/ k-jakoa ja kustannuksia. Liiallinen massan kasvattaminen on murtorajatilassa palkin kokoa kasvattava tekijä.

Palkit laskettiin Finnwood SR1 ohjelmalla, jonka jälkeen piirrettiin Autocadilla kaikista kolmesta vaihtoehdosta palkkikaavio, tämän jälkeen välipohjarakenteet massoitettiin ja laskettiin kustannukset Excel taulukkoon. Palkeista muodostuva kustannuserä oli noin 12 % hankkeen kokonaiskustannuksista. Rakennusmateriaaleiltaan sahatavara palkisto tuli edullisimmaksi. (Liite 8)

### 5.3 Lämmöneristeet

Lämmöneristeistä vertailtiin polyuretaani ja mineraalivilla eristyksiä. Polyuretaani eristys oli kalliimpi, mutta nopeampi asentaa. Mineraalivilla eristys olisi vaatinut rungon tihentämisen tai vaakakoolauksien asentamisen pintalevyn ja tuulensuojalevyn kiinnittämistä varten, tämä nosti mineraalivilla eristyksen materiaali hintaa.

Eristykseksi valittiin polyuretaanilevyllä toteutettu eristys sen nopeamman asennuksen ja ilmatiiveyden vuoksi, vaikka se oli hieman kalliimpi vaihtoehto (Liite 9). Eristeistä muodostuva kustannuserä oli noin 33 % hankkeen kokonaiskustannuksista.

### 5.4 LVIS

LVIS- kustannuksissa pyydettiin tarjoukset lattialämmitys tarvikkeista, ilmanvaihto tarvikkeista ja sähköasennuksista, tarjoukset pyydettiin verollisena. Tarjoukset siirrettiin suoraan kustannuslaskelmiin. LVIS-töistä muodostuva kustannuserä oli noin 24 % koko hankkeen kustannuksista.

### 5.5 Kustannuslaskelma

Laajennuksen hinta-arvioksi tarveselvityksen aikana arvioitiin verollisena noin 500 €/m<sup>2</sup>:lle, joka kustannuslaskelmassa osoittautui alimitoitetuksi. Hankkeen kokonaiskustannukseksi saatiin pelkille materiaaleille ja LVIS-töille noin 35000,00 € sis. ALV 24 %. Neliöhinnaksi 65 m<sup>2</sup>:lle muodostui noin 538,00 €/m<sup>2</sup>:lle sis. ALV 24 %. Kustannuslaskelma tehtiin Excelillä (liite 10).

Eristeiden, kantavien rakenteiden ja LVIS-töiden yhteinen % – osuus koko hankkeesta oli noin 69 %. Työnaikana tulee eristeiden ja kantavien rakenteiden hukkaan kiinnittää erityistä huomiota.

## 6 Tulokset ja johtopäätökset

Alussa mainitsin, että opinnäytetyön tein itselleni, mikä antoi työn suorittamiseen lisämausteen, koska joudun ottamaan vastuun hankkeen onnistumisesta niin henkisesti kuin fyysisesti. Yläkerran suunnittelussa pyrittiin ottamaan huomioon perheen tarpeet lasten kasvaessa ja huonetilojen mahdolliset käyttötavan muutokset. Yläkerran putkimaisuus vaikutti luonnonvalon saantiin yläkerassa, johon helpotukseksi makuuhuoneisiin suunniteltiin asennettavaksi isot ikkunat ja lasiset pariovet.

Kehäkattotuolien käyttäminen laajennuksessa tuo omat haasteensa eristämisessä ja välipohjapalkkien asennuksessa, koska työt tullaan toteuttamaan omin voimin töiden nopeampi eteneminen, varsinkin eristysvaiheessa painoi vaakakupissa enemmän kuin eristemateriaalin hinta. Eristeiden pelkkien seinien hintavertailussa polyuretaanilevy oli vain hieman kalliimpi. Polyuretaanilevy eristettä käytettiin myös katossa ja alapohjassa, joka nosti eristyksen hintaa.

Rakennesuunnittelu vaiheessa vastassa oli staattisesti määräämättömät palkit, joita yritettiin laskea käsin, palkit mitoitettiin loppujen lopuksi Finnwoodin SR1 mitoitusohjelmalla.

Palkkien mitoituksessa oman haasteensa toi huonekorkeuden pitäminen sallitussa 2400 mm:ssä. Välipohja ratkaisuksi saatiin sahatavara palkisto 60 mm betoni valulla. Sahatavaran käyttöä tuki materiaalin halvempi hinta. Välipohjapalkeissa mitoittavana oli välipohjan värähtely. Välipohjan värähtelyn mitoituksessa kansallisen liitteen määrittämä lattian alin ominaistaajuus 9 Hz tuli mitoit-

tavaksi, taipuman pysyessä sallitussa alle 0,5 mm:ssä. Puurakenteisissa välipohjissa jännevälit tulisi pitää maksimissaan noin 4000 mm:ssä.

Kustannuslaskelma laskettiin pelkästään käytetyille materiaaleille. Kustannustavoite oli 500 €/m<sup>2</sup>:lle sis. ALV 24 %, lopullinen neliöhinta 65 m<sup>2</sup>:lle nousi melkein 540 €/m<sup>2</sup>:lle sis. ALV 24 %. Hankkeen materiaalien kokonaiskustannukset ovat noin 35 000 euroa sis. ALV 24 %.

Työn laajuus yllätti hieman minut, kaikista osa-alueista olisi saanut tehtyä oman opinnäytetyönsä. Työssä täytyi rajoittaa käytettyjen rakenne ratkaisujen tutkimista, asuntosuunnittelun määräysten ja ohjeiden viidakossa olisi voinut viettää kuukausia. Tarkemman kustannuslaskelman tekemiseen ja etenkin materiaalien hukkaprocenttien minimointiin olisi pitänyt käyttää aikaa huomattavasti pitempään. Olisin vielä halunnut laskea kustannukset laajennuksen teettämiseen ulkopuolisella urakoitsijalla avaimet käteen periaatteella. Laskelmassa olisi selvinnyt oman työn rahallinen arvo, joka kotitarverakentajalle on eteenpäin vievä voima. Työ oli opettavainen, mielenkiintoinen ja toivottavasti avuksi muille yläkerran laajennusta ajatteleville.

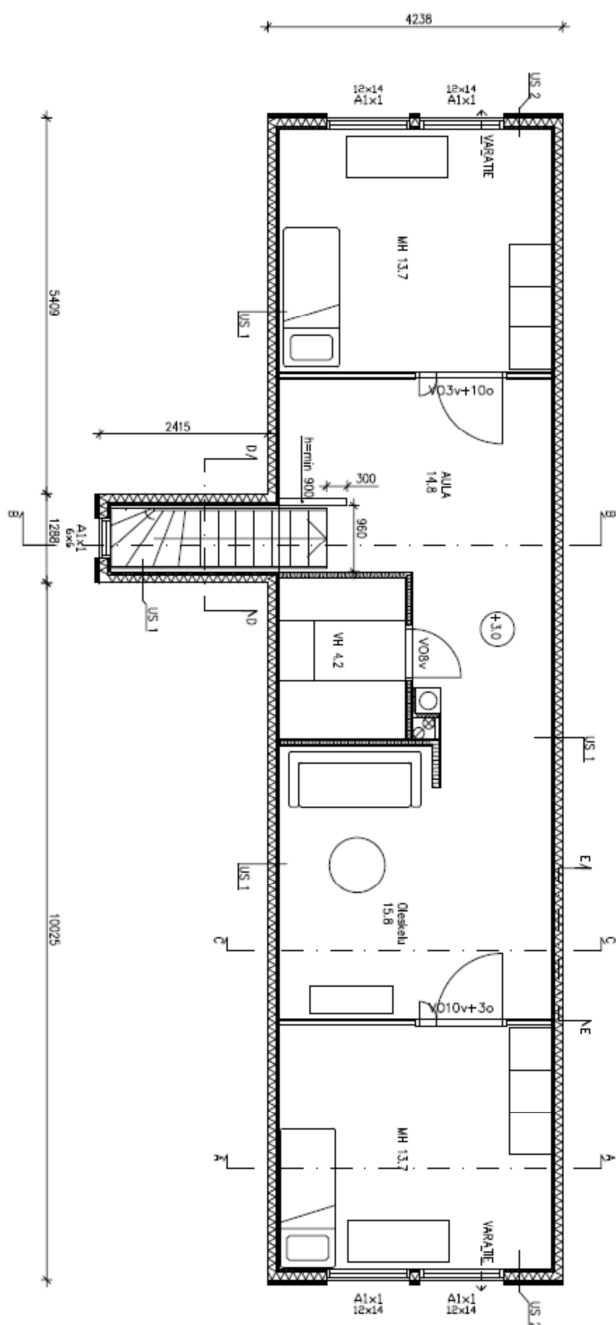
Työn aikana tutustuin ruiskutettavaan polyuretaanieristeeseen ja sen käyttöä laajennuksen eristeratkaisuna mietittiin. Jatkotutkimuskohteena olisi ruiskutettavan polyuretaanieristeen käyttö laajennusten ja uudisrakennusten lämmöneristysratkaisuna, sen toiminta pitkällä aikajänteellä, kustannustehokkuus, eristykseen toteutustavat sekä lämmönläpäisyn esimerkkilaskelmat. Ruiskutettavien polyuretaani eristeiden käyttö tulee oletettavasti kasvamaan.



## Lähteet

1. RT93-10923. Asuntosuunnittelu yleistä. Ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki. 2008.
2. Suomen RakMK G1. Asuntosuunnittelu määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Helsinki. 2005
3. Suomen RakMK F2. Rakennuksen käyttöturvallisuus määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Helsinki.
4. RT88-11018. Portaat ja luiskat. Ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki. 2011
5. RT93-10925. Asuntosuunnittelu Lepo ja Työskentely. Ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki. 2008
6. Suomen RakMK E1 2011. Rakennusten paloturvallisuus määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Helsinki. 2011
7. RT93-1045. Asuntosuunnittelu Säilytys. Ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki. 2008
8. Suomen RakMK C4. Ohjeet luonnos 16.3.2012. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Helsinki. 2012
9. Suomen RakMK D3. Rakennusten energiatehokkuus määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Helsinki. 2012
10. RIL 205-1-2009. Puurakenteiden suunnitteluohje eurokoodi EN 1995-1-1. Suomen rakennusinsinööriliitto RIL ry. Suomen rakennusinsinööriliitto RIL ry. Helsinki. 2009
11. RIL 205-1-1995 Päivitys 30.1.2012. Suomen rakennusinsinööriliitto RIL ry. Suomen rakennusinsinööriliitto ry. Helsinki. 2012. [http://www.ril.fi/kirjakauppa/product/show/2/ohjeet-ja-normit/50/ril-205-2009-puurakenteiden-suunnitteluohje\\_-eurokoodi](http://www.ril.fi/kirjakauppa/product/show/2/ohjeet-ja-normit/50/ril-205-2009-puurakenteiden-suunnitteluohje_-eurokoodi). Luettu 10.3.2016
12. Kähkönen, L. Kantavat puurakenteet – insinööriopetus. Rakennustieto. Jyväskylä. 1997.
13. Kovanen, H. Mitoitusohjelman rakenne ja käyttöliittymä puurakenteiden liitoksille. Aalto yliopisto. 2014. <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/14242>. Luettu 19.2.2016
14. Vuorela, Urpola & Kankainen. Johdatus rakentamistalouteen. Jasur Oy. Espoo. 2001.

## Yläkerran pohjapiirros

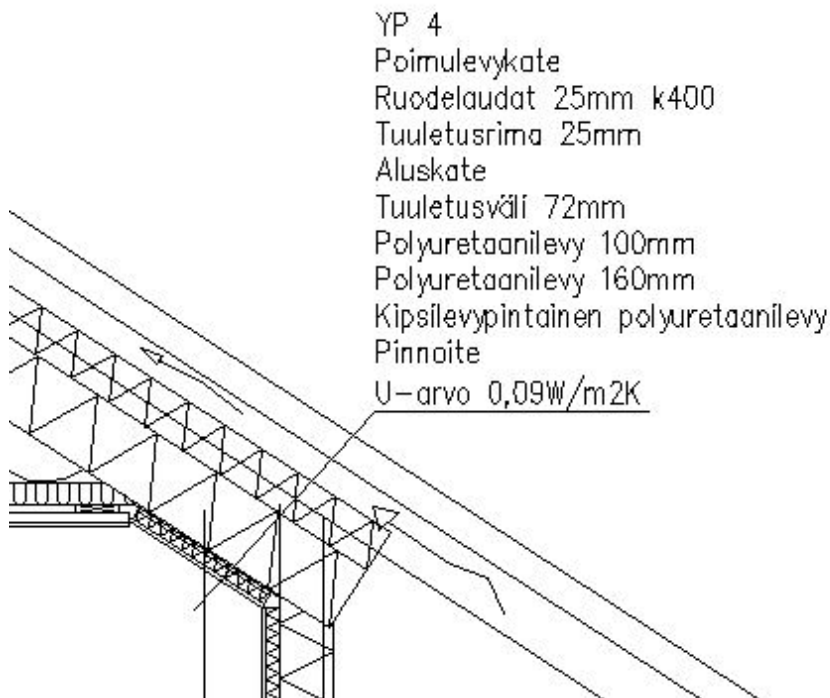


US 1	US 2
Polyurethane 120mm	Urethane 4mm
Kipalevplintinen polyurethane	Ristokaus 44mm
Phinote	Tuulensuojalevy 13mm
U- $\sigma$ no 0,17W/m2K	Polyurethane 150mm
	Kipalevplintinen polyurethane

Huonotilaa 67 m<sup>2</sup>  
kierustasoa 74,5 m<sup>2</sup>  
Tilavuus 250 m<sup>3</sup>  
Lämpötila lämmitetty LTO ilmavaihdyt järjestelmän  
Puhallin P3  
Iskuun pinta- $\alpha$ -kerroinluku 10,6%

VINYL	DATE/TIME TAKEN				
KES 7 S		MUSCULI		JUN	
L		PALPIRUSTIS		WIT	
KES.		HUMERUS BRD		1-8	
6723 Lp.		POHAPIRUSTIS			
SOLANA	TOT No	FISHING	NATL		
ARK					
RADIATION	WITHDRAWN				

## Yläpohjan vinon osan U-arvolaskelma



Kuva 5. Rakenneleikkaus 1. yläpohjan vino osuus.

Materiaali tiedot:

SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=260 mm
SPU Anselmi	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=30 mm
Kattoristikko k900	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Leveys d=48 mm

Rakenneosassa on lämpövirransuuntaan lämmönjohtavuudeltaan erilaisia rinnakkaisia kerroksia, joten rakenneosalle lasketaan ylälikiarvo  $R'_T$  ja vo  $R''_T$ .

Ylälikiarvon  $R'_T$  laskenta.

Kattotuolien jako oli 900 mm ja sauvojen leveys 48 mm.

Tarkasteltavan rakenneosan kokonaisala  $0,9 \text{ m} \cdot 0,9 \text{ m} = 0,81 \text{ m}^2$ .

$$\text{Eriste} = 0,852 \text{ m} \cdot 0,9 \text{ m} = 0,767 \text{ m}^2$$

$$\text{Koolaus} = 0,048 \text{ m} \cdot 0,9 \text{ m} = 0,0432 \text{ m}^2$$

$$f_{a \text{ eriste}} = 0,767 \text{ m}^2 / 0,81 \text{ m}^2 = 0,947$$

Yläpohjan vinon osan U-arvolaskelma

$$f_b \text{ koolaus} = 0,0432 \text{ m}^2 / 0,81 \text{ m}^2 = 0,053$$

$$R_{si} = 0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Rakennusosa on hyvin tuulettuva ulkopuolen pintavastuksena ( $R_{se}$ ) voidaan käyttää sisäpuolen pintavastuksen arvoa taulukon 3. mukaisesti. [8, 24]

Kattorakenteessa, jossa lämmöneristetyin yleensä vaakasuoran yläpohjan ja kallistetun vesikaton väliin jää ilmatila, voidaan ilmatila katsoa homogeeniseksi kerrokseksi, jonka lämmönvastus on taulukon 5 mukainen. [8, 24]

Taulukko 5. Katon ilmatilan lämmönvastus ( $R_u$ ). [8, 24]

Katon rakennetyyppi	Lämmönvastus ( $R_u$ ) $\text{m}^2 \text{K/W}$
kate ilman aluskatetta	0,06
tiilikatto, peltikatto tai muu vastaava vesikate aluskatteella tai sitä vastaavalla ainekerroksella	0,2
kuten edellinen kohta, mutta matalaemissiviteettipinta (esimerkiksi alumiinipinnoite) aluskatteen alapinnassa	0,3
yhtenäinen kermikate alusrakenteineen tai vastaava raoton vesikate	0,3

$$R_{Ta} = 0,1 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,009 \text{ m}}{\frac{0,21 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,26 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,03 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + 0,1 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} + 0,2 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} = 13,05 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Tb} = 0,1 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,009 \text{ m}}{\frac{0,21 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,26 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}} + \frac{0,03 \text{ m}}{0,023 \text{ W/mK}} + 0,1 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} + 0,2 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} = 3,91 \text{ m}^2\text{K/W}$$

W

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{Tn}}$$

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{0,947}{13,05 \text{ m}^2\text{K/W}} + \frac{0,053}{3,91 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,0861 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R'_T = 11,61 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Alalikiarvo  $R''_T$  laskenta.

Osuudet  $f_a$  ja  $f_b$  ovat samat kuin yläliikiarvoa laskettaessa

Yläpohjan vinon osan U-arvolaskelma

$$\frac{1}{R_j''} = \frac{0,947}{\frac{0,26 \text{ m}}{0,023 \text{ W/mK}}} + \frac{0,053}{\frac{0,26 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}}} = 0,11 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T'' = 0,1 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} + R_j'' + \frac{0,03 \text{ m}}{0,023 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0,009 \text{ m}}{0,21 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + 0,1 \text{ m}^2\text{K/W} = 10,79 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2}$$

$$R_T = \frac{\frac{11,61 \text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + 10,79 \text{ m}^2\text{K/W}}{2} = 11,20 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{11,20 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,089 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Korjatun lämmönläpäisykertoimen ( $U_c$ ) laskenta.

$$U_c = U + \Delta U$$

$$\Delta U = \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_r + \Delta \ddot{U}_\psi$$

$$\Delta U_f = \frac{\alpha \lambda_f A_f n_f}{d_o} \left( \frac{R_{fo}}{R_{Th}} \right)^2$$

jossa

$\alpha$	Kerroin kaava 18.	-
$\lambda_f$	Kiinnikkeen lämmönjohtavuus	$\text{W}/(\text{mK})$
$A_f$	Yhden kiinnikkeen poikki pinta-ala	$\text{m}^2$
$n_f$	Kiinnikkeiden lukumäärä neliötä kohden	$1/\text{m}^2$
$d_o$	Sen lämmöneristeen kokonaispaksuus, johon kiinnike on asennettu	$\text{m}$
$R_{fo}$	Sen lämmöneristekerroksen lämmönvastus ilman kylmäsiltojen vaikutusta, jonka kiinnike läpäisee kaava 19.	$\text{m}^2\text{K/W}$
$R_{Th}$	Tarkasteltavan rakenneosan kokonaislämmönvastus ilman korjaustekijöiden ja kylmäsiltojen vaikutusta	$\text{m}^2\text{K/W}$

Yläpohjan vinon osan U-arvolaskelma

$$\alpha = 0,8 \frac{d_{fo}}{d_o} \quad (18)$$

jossa

$d_o$	Sen lämmöneristeen kokonaispaksuus, jonka kiinnike läpäisee	m
$d_{fo}$	pituus, jonka kiinnikkeen huomattavasti ympäröivää lämmöneristettä paremmin johtava osa kulkee tarkasteltavan lämmöneristyskerroksen sisällä kohtisuoraan eristeen paksuuden suuntaisesti (lämpövirran suuntainen pituus)	m

Jos kiinnike läpäisee eristekerroksen kokonaan, kertoimen ( $\alpha$ ) arvo on 0,8. [8, 11]

$$R_{fo} = \frac{d_{fo}}{\lambda_o} \quad (19)$$

jossa

$d_{fo}$	pituus, jonka kiinnikkeen huomattavasti ympäröivää lämmöneristettä paremmin johtava osa kulkee tarkasteltavan lämmöneristyskerroksen sisällä kohtisuoraan eristeen paksuuden suuntaisesti (lämpövirran suuntainen pituus).	m
$\lambda_o$	sen lämmöneristekerroksen lämmönjohtavuus jonka läpi kiinnike kulkee.	$W/(mK)$

$$\alpha = 0,8 \frac{0,03 \text{ m}}{0,03 \text{ m}} = 0,8$$

$$R_{fo} = \frac{0,03 \text{ m}}{0,023 \text{ W/mK}} = 1,30 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$A_f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi 0,0042 \text{ m}^2}{4} = 0,0000139 \text{ m}^2$$

$$n_f = 9 \text{ kpl (k450)}$$

$$d_o = 0,03 \text{ m}$$

Yläpohjan vinon osan U-arvolaskelma

$$R_{Th} = R_T = 11,20 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\lambda_f = 45 \text{ W/mK}$$

$$\Delta U_f = \frac{0,8 \cdot 45 \frac{\text{W}}{\text{mK}} \cdot 0,0000139 \text{ m}^2 \cdot 9 \frac{1}{\text{m}^2} \left( \frac{1,30 \text{ m}^2\text{K/W}}{11,20 \text{ m}^2\text{K/W}} \right)^2}{0,03 \text{ m}} = 0,002 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$\Delta U_g = 0,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  = Ilmaraoista aiheutuva korjaustekijä Taulukko 6.

$\Delta U_r = 0,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  = Käännettyjen kattojen korjaustekijä.

$\Delta \ddot{U}_\psi = 0,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  = Viivamainen kylmäsilta.

$$\Delta U = \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_r + \Delta \ddot{U}_\psi = 0,002 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Jos lämmönläpäisyn korjaustermi ( $\Delta U$ ) on vähemmän kuin 3 % rakennusosan lämmönläpäisykertoimen ( $U$ ) arvosta, ei korjaustermiä tarvitse ottaa huomioon. [8, 10]

$$\frac{0,002 \text{ W/m}^2\text{K}}{0,089 \text{ W/(m}^2\text{K)}} \cdot 100 = 2,3 \%$$

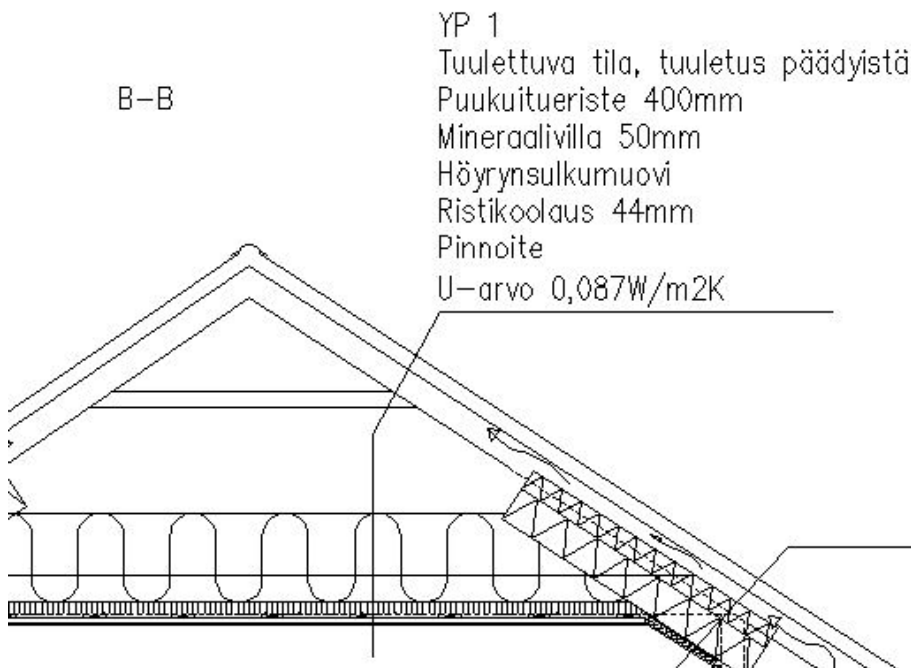
Korjaustermiä ( $\Delta U$ ) ei tarvitse ottaa huomioon.

Taulukko 6. Ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin. [8, 12]

Ilmaraoista aiheutuva korjauskerroin $\Delta U''$ .		
Taso	Ilmaraon kuvaus	$\Delta U''$ W/(m <sup>2</sup> K)
0	Lämmöneristeessä ei ole ilmarakoja tai lämmöneristeessä on vain vähäisiä ilmarakoja, joilla ei ole merkittävää vaikutusta lämmönläpäisykertoimeen.	0,00
1	Lämmöneristeessä on eristeen läpäiseviä ilmarakoja, jotka eivät kuitenkaan aiheuta ilman kiertokulkua lämmöneristeen lämpimän ja kylmän puolen välillä.	0,01
2	Lämmöneristeessä on eristeen läpäiseviä ilmarakoja, jotka aiheuttavat ilman kiertokulkua lämmöneristeen lämpimän ja kylmän puolen välillä.	0,04

Yläpohjan vaakasuoran osuudet  $f_a$  ja  $f_b$  ovat samat kuin vinon osuuden. Vaakasuora osuus toteutettiin puhallettavalla puukuitueristeellä. Korjaustermi ( $\Delta U$ ) oli sama kuin vino osuudella korjaustermiä ei tarvitse ottaa huomioon.

## Yläpohjan suoranosuuden U-arvolaskelmat



Kuva 6. Rakenneleikkaus 2. Yläpohjan suora osuus.

Materiaali tiedot:

Ekovilla	$\lambda_U=0,039 \text{ W/mK}$	Paksuus d=400 mm
Mineraalivilla	$\lambda_U=0,036 \text{ W/mK}$	Paksuus d=50 mm
Kattotuoli k900	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Leveys d=48 mm,

Ylälikiarvo  $R'_T$ 

$$R_{Ta} = 0,1 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,05 \text{ m}}{\frac{0,036 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,4 \text{ m}}{\frac{0,039 \text{ W}}{\text{mK}}} + 0,1 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} = 11,84 \text{ m}^2 \text{K/W}$$

$$R_{Tb} = 0,1 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,173 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}} + \frac{0,277 \text{ m}}{0,039 \text{ W/mK}} + 0,1 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} = 8,74 \text{ m}^2 \text{K/W}$$

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{Tn}}$$

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{0,947}{11,84 \text{ K/W}} + \frac{0,053}{8,74 \text{ m}^2 \text{K/W}} = 0,086 \text{ m}^2 \text{K/W}$$

$$R'_T = 11,63 \text{ m}^2 \text{K/W}$$

Alaliikiarvo  $R''_T$



Yläpohjan suoranosuuden U-arvolaskelmat

$$\frac{1}{R_{ja}''} = \frac{0,947}{\frac{0,123 \text{ m}}{0,039 \text{ W/mK}}} + \frac{0,053}{\frac{0,123 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}}} = 0,35 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\frac{1}{R_{jb}''} = \frac{0,947}{\frac{0,05 \text{ m}}{0,036 \text{ W/mK}}} + \frac{0,053}{\frac{0,05 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}}} = 0,80 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T'' = 0,1 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} + R_{ja}'' + R_{jb}'' + \frac{0,277 \text{ m}}{0,039 \text{ W/mK}} + 0,1 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} = 11,38 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2}$$

$$R_T = \frac{11,63 \text{ m}^2\text{K/W} + 11,38 \text{ m}^2\text{K/W}}{2} = 11,50 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{11,50 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,087 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Lämmönläpäisykertoimen korjaustermiä ( $\Delta U$ ) ei tarvitse ottaa huomioon, rakeneosan kaikki termit ovat nolla.

Puhallettavan puukuitueristeen asennuksessa on huomioitava eristeen painuminen, joka on noin 20 % eristepaksuudesta.

Yläpohjassa ja seinissä ei saa tapahtua haitallista määrää luonnollista konvektiota, tämä voidaan tarkistaa laskemalla eristekerrokselle muunnettu Rayleighin luku ( $Ra_m$ ). Rayleighin luku tulee olla pienempi kuin taulukossa annettu lukuarvo (taulukko 7). Jos kaavalla 20 saatu luku arvo ylittää taulukon 7 maksimiarvon eriste on joko vaihdettava osittain tai kokonaan vähemmän ilmaa läpäiseväksi tai haitallinen konvektio on estettävä rakenteellisesti. [8, 13]

$$Ra_m = k \frac{d\kappa\eta\Delta T}{\lambda_U} \quad (20)$$

Jossa

$Ra_m$	Muutettu Rayleighin luku	-
$d$	Lämmöneristeen paksuus	m
$\kappa$	Lämmöneristeen ilmanläpäisevyys	$\frac{\text{m}^3}{(\text{m s Pa})}$

Yläpohjan suoranosuuden U-arvolaskelmat

$\eta$	Ilman dynaaminen viskositeetti 10 °C lämpötilassa ( $0,0175 * 10^{-3} \text{ Pa s}$ )	Pa s
$\Delta T$	Lämmöneristekerroksen sisä- ja ulkopinnan välinen lämpötilaero	K
$\lambda_U$	Lämmöneristeen lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo	W/mK
$k$	Kerroin, jonka arvo $3 * 10^6$	$\frac{kg}{(m^2 s^3 K^2)}$

Tarkastelussa käytetään sisä- ja ulkolämpötilojen erotuksena 50 °C:ta [8, 14]

Taulukko 7. Muunnetun Rayleighin luvun ( $Ra_m$ ) raja-arvot yläpohja- ja ulkoseinä-rakenteille. [8, 14]

Rakennusosa	Lämpövirran suunta	$Ra_m$ -
Ulkoseinä	Vaakasuuntaan	2,5
Yläpohja	Ylöspäin, lämmöneristeen yläpinta avoin	15
	Ylöspäin, lämmöneristeen yläpinnassa tuulensuoja	30

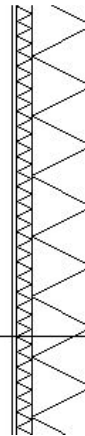
$d$	0,4 m	
$\kappa$	$150 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / (\text{m s Pa})$	(Ekovilla RT 38504)
$\eta$	$0,0175 * 10^{-3} \text{ Pa s}$	
$\Delta T$	50 K	
$\lambda_U$	0,023 W/mK	
$k$	$3 * 10^6 \frac{kg}{(m^2 s^3 K^2)}$	

$$Ra_m = 3 * 10^6 * \frac{0,4 \text{ m} * 150 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{m s Pa}} * 0,0175 * 10^{-3} \text{ Pa s} * 50 \text{ K}}{0,023 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} = 6,85$$

Taulukon 7 maksimiarvo kyseessä olevalle rakenteelle antaa Rayleighin luvuksi on 15, jonka edellä laskettu rakenneosan Rayleighin luku 6,85 alittaa. Haitallista konvektiota esiintyy, mutta ei liiallisesti.

## Ulkoseinien U-arvolaskelma

US 1  
 Polyuretaanilevy 120mm  
 Kipsilevypintainen polyuretaanilevy  
 Pinnoite  
 U-arvo 0,17W/m<sup>2</sup>K



Kuva 7. Rakenneleikkaus 3. Sivuseinät.

Materiaali tiedot:

SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=120 mm
SPU Anselmi	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=30 mm
Kattotuoli k900	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Leveys d=48 mm

Tarkasteltava ala 0,9 m\*0,9 m

$$\text{Eriste} = 0,852 \text{ m} * 0,9 \text{ m} = 0,7668 \text{ m}^2$$

$$\text{Koolaus} = 0,048 \text{ m} * 0,9 \text{ m} = 0,0432 \text{ m}^2$$

$$f_{a \text{ eriste}} = 0,767 \text{ m}^2 / 0,81 \text{ m}^2 = 0,947$$

$$f_{b \text{ koolaus}} = 0,0432 \text{ m}^2 / 0,81 \text{ m}^2 = 0,053$$

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Ta} = 0,13 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,009 \text{ m}}{\frac{0,21 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,12 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,03 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + 0,13 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} = 6,82 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Tb} = 0,13 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,009 \text{ m}}{\frac{0,21 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,12 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}} + \frac{0,03 \text{ m}}{0,023 \text{ W/mK}} + 0,13 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} = 2,6 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{Tn}}$$

Ulkoseinien U-arvolaskelma

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{0,947}{6,82 \text{ m}^2\text{K/W}} + \frac{0,053}{2,6 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,159 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R'_T = 6,29 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Alalikiarvo  $R''_T$  laskenta.

Osuudet  $f_a$  ja  $f_b$  ovat samat kuin ylälikiarvoa laskettaessa

$$\frac{1}{R''_j} = \frac{0,947}{\frac{0,12 \text{ m}}{0,023 \text{ W/mK}}} + \frac{0,053}{\frac{0,12 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}}} = 0,23 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = \frac{0,13 \text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + R''_j + \frac{0,03 \text{ m}}{0,023 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + \frac{0,009 \text{ m}}{0,21 \frac{\text{W}}{\text{mK}}} + 0,13 \text{ m}^2\text{K/W} = 5,87 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2}$$

$$R_T = \frac{\frac{6,29 \text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + 5,87 \text{ m}^2\text{K/W}}{2} = 6,08 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{11,20 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,165 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Lämmönläpäisykertoimen korjaustermiä ( $\Delta U$ ) ei tarvitse ottaa huomioon korjaustermi on sama kuin aikaisemmin lasketun vinon osan, joka on alle 3 % rakenteen U-arvosta.

## Ulkoseinien U-arvolaskelma



Kuva 8. Rakenneleikkaus 4. Päätyseinät.

Materiaali tiedot:

SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=150 mm
SPU Anselmi	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=30 mm
Runko k600	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Leveys d=48 mm

Tarkasteltava ala 0,6 m\*0,6 m

$$\text{Eriste} = 0,552 \text{ m} * 0,6 \text{ m} = 0,331 \text{ m}^2$$

$$\text{Koolaus} = 0,048 \text{ m} * 0,6 \text{ m} = 0,029 \text{ m}^2$$

$$f_{a \text{ eriste}} = 0,331 \text{ m}^2 / 0,36 \text{ m}^2 = 0,92$$

$$f_{b \text{ koolaus}} = 0,029 \text{ m}^2 / 0,36 \text{ m}^2 = 0,08$$

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Ta} = 0,13 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,009 \text{ m}}{\frac{0,21 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,15 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,03 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + 0,13 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} = 8,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Tb} = 0,13 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,009 \text{ m}}{\frac{0,21 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,15 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}} + \frac{0,03 \text{ m}}{0,023 \text{ W/mK}} + 0,13 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} = 2,86 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{Tn}}$$

Ulkoseinien U-arvolaskelma

$$\frac{1}{R_T'} = \frac{0,92}{6,82 \text{ m}^2\text{K/W}} + \frac{0,08}{2,6 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,14 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T' = 7,08 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Alalikiarvo  $R_T''$  laskenta.

Osuudet  $f_a$  ja  $f_b$  ovat samat kuin yläikiarvoa laskettaessa

$$\frac{1}{R_j''} = \frac{0,92}{\frac{0,15 \text{ m}}{0,023 \text{ W/mK}}} + \frac{0,08}{\frac{0,15 \text{ m}}{0,12 \text{ W/mK}}} = 0,2 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T'' = 0,13 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} + R_j'' + \frac{0,03 \text{ m}}{0,023 \text{ W/mK}} + \frac{0,009 \text{ m}}{0,21 \text{ W/mK}} + 0,13 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} = 6,48 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2}$$

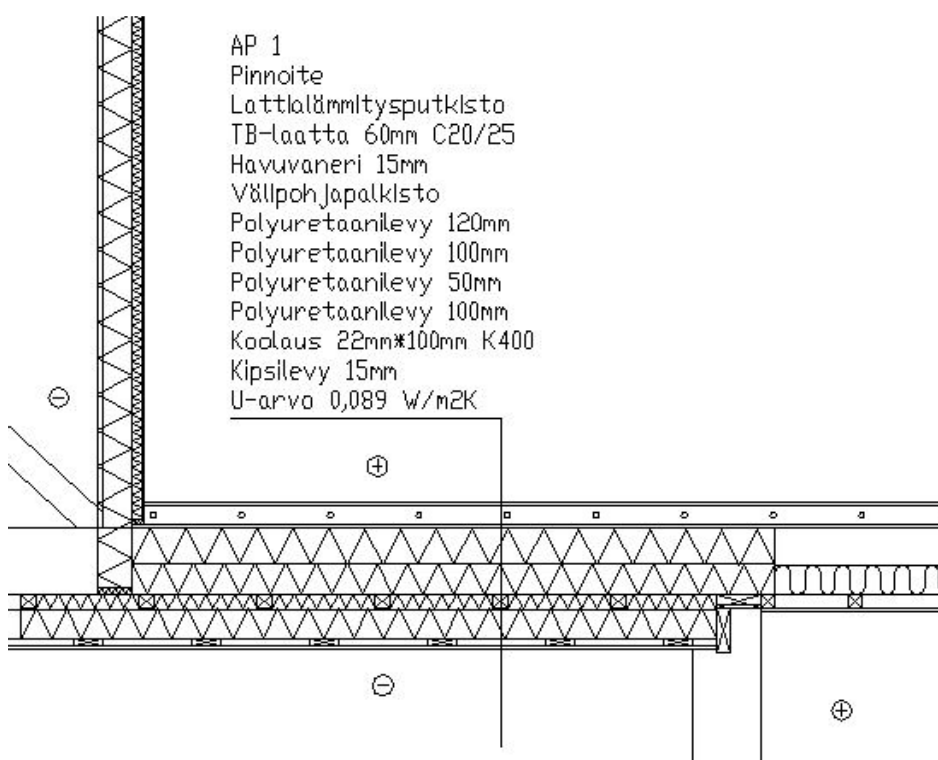
$$R_T = \frac{\frac{7,08 \text{ m}^2\text{K}}{\text{W}} + 6,48 \text{ m}^2\text{K/W}}{2} = 6,78 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{11,20 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Lämmönläpäisykertoimen korjaustermiä ( $\Delta U$ ) ei tarvitse ottaa huomioon, korjaustermi on sama kuin aikaisemmin lasketun vinonosan, joka on alle 3 % rakenteen U-arvosta.

## Alapohjan U-arvolaskelma



Kuva 9. Rakenneleikkaus 5. Toinen makuuhuone rajoittui osittain ulkoilmaan.

Materiaali tiedot:

Havuvaneri	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Paksuus d=15 mm
SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=120 mm
SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=100 mm
SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=50 mm
SPU AL	$\lambda_U=0,023 \text{ W/mK}$	Paksuus d=100 mm
Alapaarre 223 mm k375	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Leveys d=96 mm
Koolaus 48 mm k600	$\lambda_U=0,12 \text{ W/mK}$	Leveys d=48 mm

Tarkasteltava ala	$0,375 \text{ m} \cdot 0,6 \text{ m} = 0,225 \text{ m}^2$
Eriste=	$0,279 \text{ m} \cdot 0,552 \text{ m} = 0,154 \text{ m}^2$
Koolaus=	$0,048 \text{ m} \cdot 0,279 \text{ m} = 0,013 \text{ m}^2$
Alapaarre=	$0,096 \text{ m} \cdot 0,552 \text{ m} = 0,053 \text{ m}^2$
Koolausristeys=	$0,096 \text{ m} \cdot 0,048 \text{ m} = 0,005 \text{ m}^2$

$$f_{a \text{ eriste}} = 0,154 \text{ m}^2 / 0,225 \text{ m}^2 = 0,68$$

$$f_{b \text{ koolaus}} = 0,013 \text{ m}^2 / 0,225 \text{ m}^2 = 0,060$$

Alapohjan U-arvolaskelma

$$f_c \text{ alapaarre} = 0,053 \text{ m}^2/0,225 \text{ m}^2 = 0,24$$

$$f_d \text{ risteys} = 0,005 \text{ m}^2/0,225 \text{ m}^2 = 0,02$$

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Ta} = 0,17 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,27 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,015 \text{ m}}{\frac{0,12 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,1 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + 0,04 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} = 16,42 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Tb} = 0,17 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,22 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,05 \text{ m}}{\frac{0,12 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,015 \text{ m}}{\frac{0,12 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,1 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + 0,04 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} = 14,66 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Tc} = 0,17 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,22 \text{ m}}{\frac{0,12 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,05 \text{ m}}{\frac{0,12 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,015 \text{ m}}{\frac{0,12 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,1 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + 0,04 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} = 6,93 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Td} = 0,17 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,22 \text{ m}}{\frac{0,12 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,015 \text{ m}}{\frac{0,12 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,05 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,1 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + 0,04 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} = 8,69 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} + \dots + \frac{f_n}{R_{Tn}}$$

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{0,68}{16,42 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}} + \frac{0,06}{14,66 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}} + \frac{0,24}{6,93 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}} + \frac{0,02}{8,69 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}} = 0,082 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$R'_T = 12,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Alalikiarvo  $R''_T$  laskenta.

Rakenneosaa sisältää kaksi kappaletta ei tasa-aineista kerrosta, alapaarre ja eriste sekä koolaus ja eriste. Näille kerroksille laskettiin yhteenlaskettu lämmönvastus. Osuudet  $f_a$ ,  $f_b$  ja  $f_c$  olivat samat kuin yläikiarvoa laskettaessa.



Alapohjan U-arvolaskelma

Alapäärre ja eriste

$$\frac{1}{R_{ja}''} = \frac{f_a}{R_{ja}} + \frac{f_c}{R_{jb}}$$

$$R_{ja} = \frac{0,22 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} = 9,57 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{jb} = \frac{0,22 \text{ m}}{\frac{0,12 \text{ W}}{\text{mK}}} = 1,83 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\frac{1}{R_{ja}''} = \frac{0,68}{9,57 \text{ m}^2\text{K/W}} + \frac{0,24}{1,83 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,202 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Koolaus ja eriste

$$\frac{1}{R_{ja}''} = \frac{f_a}{R_{ja}} + \frac{f_b}{R_{jb}}$$

$$R_{ja} = \frac{0,05 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} = 2,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{jb} = \frac{0,05 \text{ m}}{\frac{0,12 \text{ W}}{\text{mK}}} = 0,42 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\frac{1}{R_{jb}''} = \frac{0,68}{2,17 \text{ m}^2\text{K/W}} + \frac{0,06}{0,42 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,45 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T'' = 0,17 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} + \frac{1}{\frac{0,202 \text{ m}^2\text{K}}{\text{W}}} + \frac{1}{\frac{0,45 \text{ m}^2\text{K}}{\text{W}}} + \frac{0,015 \text{ m}}{\frac{0,12 \text{ W}}{\text{mK}}} + \frac{0,1 \text{ m}}{\frac{0,023 \text{ W}}{\text{mK}}} + 0,04 \text{ m}^2\frac{\text{K}}{\text{W}} = 10,85 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = \frac{R_T' + R_T''}{2}$$

$$R_T = \frac{12,13 \text{ m}^2\text{K/W} + 10,85 \text{ m}^2\text{K/W}}{2} = 11,99 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{11,98 \text{ m}^2\text{K/W}} = 0,083 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Lämmönläpäisykertoimen korjaustermi ( $\Delta U$ )

$$\Delta U = \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_r + \Delta \ddot{U}_\psi$$

Alapohjan U-arvolaskelma

$\Delta U_f$ =Mekaanisista kiinnikkeistä aiheutuva korjaustekijä

$$\alpha = 0,8 \frac{0,1 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} = 0,8$$

$$R_{fo} = \frac{0,1 \text{ m}}{0,023 \text{ W/mK}} = 4,35 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$A_f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi * 0,006 \text{ m}^2}{4} = 0,0000283 \text{ m}^2$$

$$n_f = 4 \text{ kpl (k600)}$$

$$d_o = 0,1 \text{ m}$$

$$R_{Th} = R_T = 11,99 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$\lambda_f = 45 \text{ W/(mK)}$$

$$\Delta U_f = \frac{0,8 * 45 \frac{\text{W}}{\text{mK}} * 0,0000283 \text{ m}^2 * 4 \frac{1}{\text{m}^2} \left( \frac{4,35 \text{ m}^2\text{K/W}}{11,99 \text{ m}^2\text{K/W}} \right)^2}{0,1 \text{ m}} = 0,0054 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$\Delta U_g = 0,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  = Ilmaraoista aiheutuva korjaustekijä Taulukko 5.

$\Delta U_r = 0,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  = Käännettyjen kattojen korjaustekijä.

$\Delta \ddot{U}_\psi = 0,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  = Viivamainen kylmäsilta.

$$\Delta U = 0,0054 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + \Delta U_g + \Delta U_r + \Delta \ddot{U}_\psi = 0,0054 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{0,0054 \text{ W/m}^2\text{K}}{0,083 \text{ W/m}^2\text{K}} * 100 = 6,46 \%$$

Korjaustermi ylittää sallitun 3 %, jolloin korjaustermi tulee ottaa huomioon.

$$U_c = U + \Delta U$$

$$U_c = 0,083 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} + 0,0054 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} = 0,089 \text{ W/m}^2\text{K}$$

## Välipohjapalkkien laskelmat

===== Laajennus Piironen - Palkki P101 - 10.3.2016 =====

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

===== Laajennus Piironen - Palkki P101 - 10.3.2016 =====

## PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Piironen Petja  
 Projekti: Laajennus Piironen

Nimi: Palkki P101

D:\...\Palkki P101 + 60 mm Bet. Laatta.s01

===== Laajennus Piironen - Palkki P101 - 10.3.2016 =====

## RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne

Materiaali: C24

Poikkileikkaus: 48\*223

(B=48 mm, H=223 mm, A=10704 mm<sup>2</sup>, I<sub>y</sub>=44358268 mm<sup>4</sup>, W<sub>y</sub>=397832 mm<sup>3</sup>)

Käyttöluokka: 2

Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)

Jako/kuormituslev.: 300 mm (pintakuormille)

Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:

Jänneväli 1 5195.0

Jänneväli 2 4097.0

Yhteensä: 9292.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	148	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	5195	98	Liukutuki (Z)
3:	9292	148	Liukutuki (Z)

f<sub>m,k</sub> (M<sub>y</sub>): 24.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>m,k</sub> (M<sub>z</sub>): 30.14 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>c,0,k</sub>: 21.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>c,90,k</sub>: 2.50 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,k</sub>: 14.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>v,k</sub> (V<sub>z</sub>): 4.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>v,k</sub> (V<sub>y</sub>): 4.00 N/mm<sup>2</sup>

E<sub>mean</sub>: 11000 N/mm<sup>2</sup>

G<sub>mean</sub>: 690 N/mm<sup>2</sup>

E 0.05: 7400 N/mm<sup>2</sup>

G 0.05: 460 N/mm<sup>2</sup>

Tilavuuspaino: 5.00 kN/m<sup>3</sup> (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.40

Aikaluokka: kmod:

Pysyvä: 0.600

Pitkäaikainen: 0.700

Keskipitkä: 0.800

Lyhytaikainen: 0.900

Hetkellinen: 1.100

kdef: 0.800

===== Laajennus Piironen - Palkki P101 - 10.3.2016 =====

## KUORMITUSTIEDOT:

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.054 kN/m x = 0 - 9292 mm

Pintakuorma: 1: QZ = 2.000 kN/m<sup>2</sup> x = 2588 - 6588 mm (Omapaino 2,0 kN/m<sup>2</sup>)

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pintakuorma: 1: QZ = 2.000 kN/m<sup>2</sup> x = 2588 - 6588 mm (Hyötykuorma 2,0 kN/m<sup>2</sup>)

## Välipohjapalkkien laskelmat

-----  
 Hyötyk. pistekuormatark. (Hyötykuorma, lyhytaikainen, Lyhytaikainen, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):  
 Pistekuorma: 1: FZ = 1.00 kN x = 3588.0 mm ( 1kN)

===== Laajennus Piironen - Palkki P101 - 10.3.2016 =====

## KUORMITUSYHDISTELMÄT:

-----  
 Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)  
 1.00\*1.35\*Omapaino

-----  
 Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)  
 1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötykuorma

-----  
 Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)  
 0.90\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötykuorma

-----  
 Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)  
 1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*0.70\*Hyötykuorma

-----  
 Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)  
 1.00\*1.15\*Omapaino

-----  
 Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)  
 0.90\*Omapaino

-----  
 Yhdistelmä 11 (MRT, Lyhytaikainen)  
 1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötyk. pistekuormatark.

-----  
 Yhdistelmä 12 (MRT, Lyhytaikainen)  
 0.90\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötyk. pistekuormatark.

-----  
 Yhdistelmä 13 (KRT)  
 1.00\*Omapaino

-----  
 Yhdistelmä 14 (KRT)  
 1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma

-----  
 Yhdistelmä 16 (KRT)  
 1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Hyötykuorma

-----  
 Yhdistelmä 18 (KRT)  
 1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötyk. pistekuormatark.

===== Laajennus Piironen - Palkki P101 - 10.3.2016 =====

## MITOITUS:

-----  
 Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009  
 Kokonaiskäyttöaste: 90.5 %

## MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 300.00 mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0

## VÄRÄHTELYN LASKENTA-ASETUKSET:

Huoneen suurin mitta L [m]: 3.92

Lattiarakenteen leveys B [m]: 3.5

Välipohjan tuentatapa: 4 reunaa tuettu

Ulokkeen lyhennys [mm]: 0.0

Poikittaisjäykisteet: 3 jäykistelinjaa/jänneväli

Yläpuolinen lattialevy / rakenne: Havuvaner 15 mm

## Välipohjapalkkien laskelmat

Liittorakennevaikutus: Työmaaliimaus  
 Kelluva rakenne / poikittaiskoolaus+levytys: 60 mm betonilaatta (K20)  
 Alapuoliset poikittaiskoolaukset: 45x45 k300  
 Pinta-alayksikön massa [kg/m<sup>2</sup>]: 232  
 HUOM! Poikittaisjäykisteet vaativat vetolaudan 22x100 (min C18), joka kiinnitetään jäykisteisiin vähintään naulauksella 2.8x75 k200  
 HUOM! Laskelmissa oletetaan, että poikittaisjäykisteen ylä- ja alapuolella on vetolauta tai levytys  
 HUOM! Laskelmissa oletetaan, että lattialevyt asennetaan poikittain lattian pituussuuntaan nähden  
 HUOM! Alapuoliset poikittaiskoolaukset on kiinnitettävä lattiapalkkeihin ruuveilla tai profiloiduilla kampa- tai kierrenauloilla  
 HUOM! Laskelmissa on käytetty poikittaiskoolaukselle sahatavaran C18 materiaaliarvoja  
 HUOM! Lattiapalkin jatkuvuus on huomioitu laskelmissa käyttämällä ekvivalentteja jännevälejä seuraavasti:  
 Reunajänneväli 0.90xL

## MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	3.71 kN	16.31 kN	22.8 %	5195 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	2.34 kNm	2.62 kNm	89.2 %	5195 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):		2.34 kNm	5.46 kNm	42.8 %	5195 mm Yhdis-
telmä 2/1, Keskipitkä					
Tukipaine, tuki 1:		0.80 kN	15.26 kN	5.3 %	0 mm Yhdis-
telmä 2/3, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 1.50					
Tukipaine, tuki 2:		6.25 kN	13.54 kN	46.1 %	5195 mm Yhdis-
telmä 2/1, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 2.02					
Tukipaine, tuki 3:		0.17 kN	15.26 kN	1.1 %	9292 mm Yhdis-
telmä 2/4, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 1.50					
jänneväli 1, Winst:		7.6 mm	13.0 mm	58.8 %	2788 mm Yhdis-
telmä 14/2					
jänneväli 1, Wnet,fin:		11.6 mm	17.3 mm	67.0 %	2788 mm Yhdis-
telmä 14/2					
jänneväli 2, Winst:		-1.9 mm	10.2 mm	18.3 %	6737 mm Yhdis-
telmä 14/2					
jänneväli 2, Wnet,fin:		-2.6 mm	13.7 mm	19.0 %	6737 mm Yhdis-
telmä 14/2					
Taipuma U:	0.3 mm	0.7 mm	50.6%	(Värähtelytarkastelu)	
Taajuus f1:	9.9 Hz	9.0 Hz	90.5%	(Värähtelytarkastelu)	

## ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 1 + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 2

Yhdistelmä 2/3 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 1

Yhdistelmä 2/4 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 2

Yhdistelmä 14/2 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma, jänneväli 1

## VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
Vz,max	3.71 kN	5195 mm
My,max	2.34 kNm	5195 mm

===== Laajennus Piironen - Palkki P101 - 10.3.2016 =====

## TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.80 kN	0.26 kN	0.61 kN	0.31 kN
2:	6.25 kN	2.28 kN	4.76 kN	2.54 kN
3:	0.17 kN	-0.22 kN	0.11 kN	-0.14 kN

- Tukipisteisiin syntyy nostetta, varmista ankkurointi

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

## Välipohjapalkkien laskelmat

===== Laajennus Piironen - Palkki P101 - 10.3.2016 =====  
 TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

-----  
 Kuormitustapaus: Omapaino

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.35

2: 2.54

3: 0.02

-----  
 Kuormitustapaus: Hyötykuorma, jänneväli 1

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.27

2: 1.45

3: -0.16

-----  
 Kuormitustapaus: Hyötykuorma, jänneväli 2

Tuki: FZ [kN]:

1: -0.03

2: 0.77

3: 0.10

-----  
 Kuormitustapaus: Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 1

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.21

2: 0.92

3: -0.13

===== Laajennus Piironen - Palkki P101 - 10.3.2016 =====

## HUOMIOT:

- 
- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
  - VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)
  - MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
  - \*) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
  - Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
  - Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
  - Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
  - Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajaatilamitoituksessa
  - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
  - Värähtelyn minimoimiseksi tulee varmistaa ankkurointi myös välituella/tuilla
  - Rakennneosan koon vaikutus lujuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
  - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaljeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja

===== Laajennus Piironen - Palkki P101 - 10.3.2016 =====

## Välipohjapalkkien laskelmat

===== Laajennus Piironen - Palkki P102 - 10.3.2016 =====

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

===== Laajennus Piironen - Palkki P102 - 10.3.2016 =====

PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Piironen Petja  
 Projekti: Laajennus Piironen

Nimi: Palkki P102

D:\...\Palkki P102 + 60 mm Bet. Laatta.s01

===== Laajennus Piironen - Palkki P102 - 10.3.2016 =====

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne

Materiaali: C24

Poikkileikkaus: 48\*223

(B=48 mm, H=223 mm, A=10704 mm<sup>2</sup>, I<sub>y</sub>=44358268 mm<sup>4</sup>, W<sub>y</sub>=397832 mm<sup>3</sup>)

Käyttöluokka: 2

Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)

Jako/kuormituslev.: 300 mm (pintakuormille)

Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:

Jänneväli 1 5196.0

Jänneväli 2 5047.0

Yhteensä: 10243.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	148	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	5196	98	Liukutuki (Z)
3:	10243	148	Liukutuki (Z)

f<sub>m,k</sub> (M<sub>y</sub>): 24.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>m,k</sub> (M<sub>z</sub>): 30.14 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>c,0,k</sub>: 21.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>c,90,k</sub>: 2.50 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,k</sub>: 14.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>v,k</sub> (V<sub>z</sub>): 4.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>v,k</sub> (V<sub>y</sub>): 4.00 N/mm<sup>2</sup>

E<sub>mean</sub>: 11000 N/mm<sup>2</sup>

G<sub>mean</sub>: 690 N/mm<sup>2</sup>

E 0.05: 7400 N/mm<sup>2</sup>

G 0.05: 460 N/mm<sup>2</sup>

Tilavuuspaino: 5.00 kN/m<sup>3</sup> (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.40

Aikaluokka: k<sub>mod</sub>:

Pysyvä: 0.600

Pitkäaikainen: 0.700

Keskipitkä: 0.800

Lyhytaikainen: 0.900

Hetkellinen: 1.100

k<sub>def</sub>: 0.800

===== Laajennus Piironen - Palkki P102 - 10.3.2016 =====

KUORMITUSTIEDOT:

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.054 kN/m x = 0 - 10243 mm

Pintakuorma: 1: QZ = 2.000 kN/m<sup>2</sup> x = 2589 - 6589 mm (Omapaino 2,00 kN/m<sup>2</sup>)

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

## Välipohjapalkkien laskelmat

Pintakuorma: 1: QZ = 2.000 kN/m<sup>2</sup>  
kN/m<sup>2</sup>)

x = 2589 - 6589 mm

(Hyötykuorma 2,0

Hyötyk. pistekuormatark. (Hyötykuorma, lyhytaikainen, Lyhytaikainen, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):  
Pistekuorma: 1: FZ = 1.00 kN x = 3589.0 mm

===== Laajennus Piironen - Palkki P102 - 10.3.2016 =====

## KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.35\*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

0.90\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*0.70\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.15\*Omapaino

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

0.90\*Omapaino

Yhdistelmä 11 (MRT, Lyhytaikainen)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötyk. pistekuormatark.

Yhdistelmä 12 (MRT, Lyhytaikainen)

0.90\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötyk. pistekuormatark.

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00\*Omapaino

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 18 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötyk. pistekuormatark.

===== Laajennus Piironen - Palkki P102 - 10.3.2016 =====

## MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1:2009

Kokonaiskäyttöaste:

90.5 %

## MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 300.00 mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0

## VÄRÄHTELYN LASKENTA-ASETUKSET:

Huoneen suurin mitta L [m]: 3.92

Lattiarakenteen leveys B [m]: 3.5

Välipohjan tuentatapa: 4 reunaa tuettu

Ulokkeen lyhennys [mm]: 0.0



## Välipohjapalkkien laskelmat

Poikittaisjäykisteet: 3 jäykistelinjaa/jänneväli  
 Yläpuolinen lattialevy / rakenne: Havuvaner 15 mm  
 Liittorakennevaikutus: Työmaaliimaus  
 Kelluva rakenne / poikittaiskoolaus+levytys: 60 mm betonilaatta (K20)  
 Alapuoliset poikittaiskoolaukset: 45x45 k300  
 Pinta-alayksikön massa [kg/m<sup>2</sup>]: 232  
 HUOM! Poikittaisjäykisteet vaativat vetolaudan 22x100 (min C18), joka kiinnitetään jäykisteisiin vähintään naulauksella 2.8x75 k200  
 HUOM! Laskelmissa oletetaan, että poikittaisjäykisteen ylä- ja alapuolella on vetolauta tai levytys  
 HUOM! Laskelmissa oletetaan, että lattialevyt asennetaan poikittain lattian pituussuuntaan nähden  
 HUOM! Alapuoliset poikittaiskoolaukset on kiinnitettävä lattiapalkkeihin ruuveilla tai profiloiduilla kampa- tai kierrenauloilla  
 HUOM! Laskelmissa on käytetty poikittaiskoolaukselle sahatavaran C18 materiaaliarvoja  
 HUOM! Lattiapalkin jatkuvuus on huomioitu laskelmissa käyttämällä ekvivalenteja jännevälejä seuraavasti:  
 Reunajänneväli 0.90xL

## MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	3.71 kN	16.31 kN	22.7 %	5196 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	2.30 kNm	2.62 kNm	88.0 %	5196 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):		2.30 kNm	5.46 kNm	42.2 %	5196 mm Yhdis-
telmä 2/1, Keskipitkä					
Tukipaine, tuki 1:		0.82 kN	15.26 kN	5.4 %	0 mm Yhdis-
telmä 2/3, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 1.50					
Tukipaine, tuki 2:		6.23 kN	13.54 kN	46.0 %	5196 mm Yhdis-
telmä 2/1, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 2.02					
Tukipaine, tuki 3:		0.18 kN	15.26 kN	1.2 %	10243 mm Yhdis-
telmä 2/4, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 1.50					
jänneväli 1, Winst:		7.8 mm	13.0 mm	60.2 %	2817 mm Yhdis-
telmä 14/2					
jänneväli 1, Wnet,fin:		11.8 mm	17.3 mm	68.2 %	2589 mm Yhdis-
telmä 14/2					
jänneväli 2, Winst:		-2.3 mm	12.6 mm	18.5 %	7170 mm Yhdis-
telmä 14/2					
jänneväli 2, Wnet,fin:		-3.1 mm	16.8 mm	18.6 %	7170 mm Yhdis-
telmä 14/2					
Taipuma U:	0.3 mm	0.7 mm	50.6%	(Värähtelytarkastelu)	
Taajuus f1:	9.9 Hz	9.0 Hz	90.5%	(Värähtelytarkastelu)	

## ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):  
 1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 1 + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 2  
 Yhdistelmä 2/3 (Keskipitkä):  
 1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 1  
 Yhdistelmä 2/4 (Keskipitkä):  
 1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 2  
 Yhdistelmä 14/2 :  
 1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma, jänneväli 1

## VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
Vz,max	3.71 kN	5196 mm
My,max	2.30 kNm	5196 mm

===== Laajennus Piironen - Palkki P102 - 10.3.2016 =====

## TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.82 kN	0.25 kN	0.63 kN	0.30 kN
2:	6.23 kN	2.29 kN	4.75 kN	2.54 kN
3:	0.18 kN	-0.12 kN	0.13 kN	-0.06 kN

## Välipohjapalkkien laskelmat

- Tukipisteisiin syntyy nostetta, varmista ankkurointi
- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

===== Laajennus Piironen - Palkki P102 - 10.3.2016 =====  
 TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

-----  
 Kuormitustapaus: Omapaino

Tuki: FZ [kN]:  
 1: 0.34  
 2: 2.54  
 3: 0.06  
 -----

Kuormitustapaus: Hyötykuorma, jänneväli 1

Tuki: FZ [kN]:  
 1: 0.28  
 2: 1.40  
 3: -0.12  
 -----

Kuormitustapaus: Hyötykuorma, jänneväli 2

Tuki: FZ [kN]:  
 1: -0.04  
 2: 0.80  
 3: 0.07  
 -----

Kuormitustapaus: Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 1

Tuki: FZ [kN]:  
 1: 0.22  
 2: 0.88  
 3: -0.09  
 -----

===== Laajennus Piironen - Palkki P102 - 10.3.2016 =====  
 HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)
- MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
- \*) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
- Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
- Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
- Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
- Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajaatilamitoituksessa
- Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
- Värähtelyn minimoimiseksi tulee varmistaa ankkurointi myös välituella/tuilla
- Rakenneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
- Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaljeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja

===== Laajennus Piironen - Palkki P102 - 10.3.2016 =====

## Välipohjapalkkien laskelmat

===== Laajennus Piironen - Palkki P103 - 10.3.2016 =====

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

===== Laajennus Piironen - Palkki P103 - 10.3.2016 =====

## PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Piironen Petja  
 Projekti: Laajennus Piironen

Nimi: Palkki P103

D:\...\Palkki P103 + 60 mm Bet. Laatta.s01

===== Laajennus Piironen - Palkki P103 - 10.3.2016 =====

## RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne

Materiaali: C24

Poikkileikkaus: 2x48x223

(B=96 mm, H=223 mm, A=21408 mm<sup>2</sup>, I<sub>y</sub>=88716536 mm<sup>4</sup>, W<sub>y</sub>=795664 mm<sup>3</sup>)

Käyttöluokka: 2

Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)

Jako/kuormituslev.: 450 mm (pintakuormille)

Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:

Jänneväli 1 5796.0

Jänneväli 2 5047.0

Yhteensä: 10843.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	148	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	5796	98	Liukutuki (Z)
3:	10843	148	Liukutuki (Z)

f<sub>m,k</sub> (M<sub>y</sub>): 24.00 N/mm<sup>2</sup>f<sub>m,k</sub> (M<sub>z</sub>): 26.24 N/mm<sup>2</sup>f<sub>c,0,k</sub>: 21.00 N/mm<sup>2</sup>f<sub>c,90,k</sub>: 2.50 N/mm<sup>2</sup>f<sub>t,0,k</sub>: 14.00 N/mm<sup>2</sup>f<sub>v,k</sub> (V<sub>z</sub>): 4.00 N/mm<sup>2</sup>f<sub>v,k</sub> (V<sub>y</sub>): 4.00 N/mm<sup>2</sup>E<sub>mean</sub>: 11000 N/mm<sup>2</sup>G<sub>mean</sub>: 690 N/mm<sup>2</sup>E 0.05: 7400 N/mm<sup>2</sup>G 0.05: 460 N/mm<sup>2</sup>Tilavuuspaino: 5.00 kN/m<sup>3</sup> (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.40

Aikaluokka: k<sub>mod</sub>:

Pysyvä: 0.600

Pitkäaikainen: 0.700

Keskipitkä: 0.800

Lyhytaikainen: 0.900

Hetkellinen: 1.100

k<sub>def</sub>: 0.800

===== Laajennus Piironen - Palkki P103 - 10.3.2016 =====

## KUORMITUSTIEDOT:

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.107 kN/m x = 0 - 10843 mm

Pintakuorma: 1: QZ = 2.000 kN/m<sup>2</sup> x = 3189 - 7189 mm (Omapaino 2,00kN/m<sup>2</sup>)

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

## Välipohjapalkkien laskelmat

Pintakuorma: 1: QZ = 2.000 kN/m<sup>2</sup>  
2,0kN/m<sup>2</sup>)

x = 3189 - 7189 mm

(Hyötykuorma

Hyötyk. pistekuormatark. (Hyötykuorma, lyhytaikainen, Lyhytaikainen, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):  
Pistekuorma: 1: FZ = 1.00 kN x = 4189.0 mm (1kN)

===== Laajennus Piironen - Palkki P103 - 10.3.2016 =====

## KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.35\*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

0.90\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*0.70\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.15\*Omapaino

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

0.90\*Omapaino

Yhdistelmä 11 (MRT, Lyhytaikainen)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötyk. pistekuormatark.

Yhdistelmä 12 (MRT, Lyhytaikainen)

0.90\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötyk. pistekuormatark.

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00\*Omapaino

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 18 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötyk. pistekuormatark.

===== Laajennus Piironen - Palkki P103 - 10.3.2016 =====

## MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009

Kokonaiskäyttöaste:

91.9 %

## MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 10843.00 mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0

## VÄRÄHTELYN LASKENTA-ASETUKSET:

Huoneen suurin mitta L [m]: 3.92

Lattiarakenteen leveys B [m]: 3.2

Välipohjan tuentatapa: 4 reunaa tuettu

Ulokkeen lyhennys [mm]: 0.0

## Välipohjapalkkien laskelmat

Poikittaisjäykisteet: 1 jäykistelinja/jänneväli  
 Yläpuolinen lattialevy / rakenne: Havuvaner 15 mm  
 Liittorakennevaikutus: Työmaaliimaus  
 Kelluva rakenne / poikittaiskoolaus+levytys: 60 mm betonilaatta (K20)  
 Alapuoliset poikittaiskoolaukset: Ei alapuolista poikittaiskoolausta  
 Pinta-alayksikön massa [kg/m<sup>2</sup>]: 232  
 HUOM! Poikittaisjäykisteet vaativat vetolaudan 22x100 (min C18), joka kiinnitetään jäykisteisiin vähintään naulauksella 2.8x75 k200  
 HUOM! Laskelmissa oletetaan, että poikittaisjäykisteen ylä- ja alapuolella on vetolauta tai levytys  
 HUOM! Laskelmissa oletetaan, että lattialevyt asennetaan poikittain lattian pituussuuntaan nähden  
 HUOM! Lattiapalkin jatkuvuus on huomioitu laskelmissa käyttämällä ekvivalentteja jännevälejä seuraavasti:  
 Reunajännevälit 0.90xL

## MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	5.84 kN	32.62 kN	17.9 %	5796 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	3.21 kNm	5.02 kNm	64.0 %	3524 mm	Yhdistelmä 2/3, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):		3.86 kNm	10.91 kNm	35.4 %	5796 mm Yhdis-
telmä 2/1, Keskipitkä					
Tukipaine, tuki 1:		1.17 kN	30.51 kN	3.8 %	0 mm Yhdis-
telmä 2/3, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 1.50					
Tukipaine, tuki 2:		9.78 kN	27.09 kN	36.1 %	5796 mm Yhdis-
telmä 2/1, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 2.02					
Tukipaine, tuki 3:		0.30 kN	30.51 kN	1.0 %	10843 mm Yhdis-
telmä 2/4, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 1.50					
jänneväli 1, Winst:		7.6 mm	14.5 mm	52.5 %	2982 mm Yhdis-
telmä 14/2					
jänneväli 1, Wnet,fin:		11.6 mm	19.3 mm	60.1 %	2982 mm Yhdis-
telmä 14/2					
jänneväli 2, Winst:		-2.1 mm	12.6 mm	16.6 %	7590 mm Yhdis-
telmä 14/2					
jänneväli 2, Wnet,fin:		-2.9 mm	16.8 mm	17.0 %	7590 mm Yhdis-
telmä 14/2					
Taipuma U:	0.4 mm	0.7 mm	56.0%	(Värähtelytarkastelu)	
Taajuus f1:	9.8 Hz	9.0 Hz	91.9%	(Värähtelytarkastelu)	

## ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):  
 1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 1 + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 2  
 Yhdistelmä 2/3 (Keskipitkä):  
 1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 1  
 Yhdistelmä 2/4 (Keskipitkä):  
 1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 2  
 Yhdistelmä 14/2 :  
 1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma, jänneväli 1

## VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
Vz,max	5.84 kN	5796 mm
My,max	3.86 kNm	5796 mm

===== Laajennus Piironen - Palkki P103 - 10.3.2016 =====

## TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	1.17 kN	0.41 kN	0.91 kN	0.50 kN
2:	9.78 kN	3.69 kN	7.48 kN	4.10 kN
3:	0.30 kN	-0.19 kN	0.22 kN	-0.08 kN

- Tukipisteisiin syntyy nostetta, varmista ankkurointi

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

===== Laajennus Piironen - Palkki P103 - 10.3.2016 =====

## Välipohjapalkkien laskelmat

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

-----  
Kuormitustapaus: Omapaino

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.55

2: 4.10

3: 0.11  
-----

Kuormitustapaus: Hyötykuorma, jänneväli 1

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.36

2: 2.18

3: -0.19  
-----

Kuormitustapaus: Hyötykuorma, jänneväli 2

Tuki: FZ [kN]:

1: -0.05

2: 1.19

3: 0.11  
-----

Kuormitustapaus: Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 1

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.18

2: 0.92

3: -0.11  
-----

===== Laajennus Piirinen - Palkki P103 - 10.3.2016 =====

HUOMIOT:

- 
- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
  - VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)
  - MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
  - \*) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
  - Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
  - Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
  - Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
  - Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajatilamitoituksessa
  - Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
  - Värähtelyn minimoimiseksi tulee varmistaa ankkurointi myös välituella/tuilla
  - Rakenneosan koon vaikutus lujuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
  - Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaljeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja

===== Laajennus Piirinen - Palkki P103 - 10.3.2016 =====

## Välipohjapalkkien laskelmat

===== Laajennus Piironen - Palkki P104 - 10.3.2016 =====

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

===== Laajennus Piironen - Palkki P104 - 10.3.2016 =====

PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Piironen Petja  
 Projekti: Laajennus Piironen

Nimi: Palkki P104

D:\...\Palkki P104 + 60 mm Bet. Laatta.s01

===== Laajennus Piironen - Palkki P104 - 10.3.2016 =====

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne

Materiaali: C24

Poikkileikkaus: 2x48x223

(B=96 mm, H=223 mm, A=21408 mm<sup>2</sup>, I<sub>y</sub>=88716536 mm<sup>4</sup>, W<sub>y</sub>=795664 mm<sup>3</sup>)

Käyttöluokka: 2

Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)

Jako/kuormituslev.: 450 mm (pintakuormille)

Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:

Jänneväli 1 5796.0

Jänneväli 2 4097.0

Yhteensä: 9893.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	148	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	5796	98	Liukutuki (Z)
3:	9893	148	Liukutuki (Z)

f<sub>m,k</sub> (M<sub>y</sub>): 24.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>m,k</sub> (M<sub>z</sub>): 26.24 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>c,0,k</sub>: 21.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>c,90,k</sub>: 2.50 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,k</sub>: 14.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>v,k</sub> (V<sub>z</sub>): 4.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>v,k</sub> (V<sub>y</sub>): 4.00 N/mm<sup>2</sup>

E<sub>mean</sub>: 11000 N/mm<sup>2</sup>

G<sub>mean</sub>: 690 N/mm<sup>2</sup>

E 0.05: 7400 N/mm<sup>2</sup>

G 0.05: 460 N/mm<sup>2</sup>

Tilavuuspaino: 5.00 kN/m<sup>3</sup> (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.40

Aikaluokka: k<sub>mod</sub>:

Pysyvä: 0.600

Pitkäaikainen: 0.700

Keskipitkä: 0.800

Lyhytaikainen: 0.900

Hetkellinen: 1.100

k<sub>def</sub>: 0.800

===== Laajennus Piironen - Palkki P104 - 10.3.2016 =====

KUORMITUSTIEDOT:

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.107 kN/m x = 0 - 9893 mm

Pintakuorma: 1: QZ = 2.000 kN/m<sup>2</sup> x = 3189 - 7189 mm ( Omapaino 2,0 kN/m<sup>2</sup>)

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

## Välipohjapalkkien laskelmat

Pintakuorma: 1: QZ = 2.000 kN/m<sup>2</sup>  
kN/m<sup>2</sup>)

x = 3189 - 7189 mm

(Hyötykuorma 2,0

Hyötyk. pistekuormatark. (Hyötykuorma, lyhytaikainen, Lyhytaikainen, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):  
Pistekuorma: 1: FZ = 1.00 kN x = 4189.0 mm (1kN)

===== Laajennus Piironen - Palkki P104 - 10.3.2016 =====

## KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.35\*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

0.90\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*0.70\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.15\*Omapaino

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

0.90\*Omapaino

Yhdistelmä 11 (MRT, Lyhytaikainen)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötyk. pistekuormatark.

Yhdistelmä 12 (MRT, Lyhytaikainen)

0.90\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötyk. pistekuormatark.

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00\*Omapaino

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 18 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötyk. pistekuormatark.

===== Laajennus Piironen - Palkki P104 - 10.3.2016 =====

## MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1:2009

Kokonaiskäyttöaste:

91.5 %

## MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 300.00 mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0

## VÄRÄHTELYN LASKENTA-ASETUKSET:

Huoneen suurin mitta L [m]: 3.92

Lattiarakenteen leveys B [m]: 3.3

Välipohjan tuentatapa: 4 reunaa tuettu

Ulokkeen lyhennys [mm]: 0.0



## Välipohjapalkkien laskelmat

Poikittaisjäykisteet: 3 jäykistelinjaa/jänneväli  
 Yläpuolinen lattialevy / rakenne: Havuvaner 15 mm  
 Liittorakennevaikutus: Työmaaliimaus  
 Kelluva rakenne / poikittaiskoolaus+levytys: 60 mm betonilaatta (K20)  
 Alapuolet poikittaiskoolaukset: 45x45 k300  
 Pinta-alayksikön massa [kg/m<sup>2</sup>]: 232  
 HUOM! Poikittaisjäykisteet vaativat vetolaudan 22x100 (min C18), joka kiinnitetään jäykisteisiin vähintään naulauksella 2.8x75 k200  
 HUOM! Laskelmissa oletetaan, että poikittaisjäykisteen ylä- ja alapuolella on vetolauta tai levytys  
 HUOM! Laskelmissa oletetaan, että lattialevyt asennetaan poikittain lattian pituussuuntaan nähden  
 HUOM! Alapuolet poikittaiskoolaukset on kiinnitettävä lattiapalkkeihin ruuveilla tai profiloituilla kampa- tai kierrenauloilla  
 HUOM! Laskelmissa on käytetty poikittaiskoolaukselle sahatavaran C18 materiaaliarvoja  
 HUOM! Lattiapalkin jatkuvuus on huomioitu laskelmissa käyttämällä ekvivalenteja jännevälejä seuraavasti:  
 Reunajännevälit 0.90xL

## MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	5.85 kN	32.62 kN	17.9 %	5796 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	3.92 kNm	8.20 kNm	47.8 %	5796 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):		3.92 kNm	10.91 kNm	35.9 %	5796 mm Yhdis-
Tukipaine, tuki 1:		1.14 kN	30.51 kN	3.7 %	0 mm Yhdis-
telmä 2/3, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 1.50					
Tukipaine, tuki 2:		9.82 kN	27.09 kN	36.3 %	5796 mm Yhdis-
telmä 2/1, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 2.02					
Tukipaine, tuki 3:		0.25 kN	30.51 kN	0.8 %	9893 mm Yhdis-
telmä 2/4, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 1.50					
jänneväli 1, Winst:		7.4 mm	14.5 mm	51.2 %	2968 mm Yhdis-
telmä 14/2					
jänneväli 1, Wnet,fin:		11.4 mm	19.3 mm	58.9 %	2968 mm Yhdis-
telmä 14/2					
jänneväli 2, Winst:		-1.7 mm	10.2 mm	16.5 %	7420 mm Yhdis-
telmä 14/2					
jänneväli 2, Wnet,fin:		-2.4 mm	13.7 mm	17.5 %	7420 mm Yhdis-
telmä 14/2					
Taipuma U:	0.4 mm	0.7 mm	54.5%	(Värähtelytarkastelu)	
Taajuus f1:	9.8 Hz	9.0 Hz	91.5%	(Värähtelytarkastelu)	

## ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):  
 1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 1 + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 2  
 Yhdistelmä 2/3 (Keskipitkä):  
 1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 1  
 Yhdistelmä 2/4 (Keskipitkä):  
 1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 2  
 Yhdistelmä 14/2 :  
 1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma, jänneväli 1

## VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
Vz,max	5.85 kN	5796 mm
My,max	3.92 kNm	5796 mm

===== Laajennus Piironen - Palkki P104 - 10.3.2016 =====

## TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	1.14 kN	0.43 kN	0.89 kN	0.50 kN
2:	9.82 kN	3.68 kN	7.50 kN	4.09 kN
3:	0.25 kN	-0.37 kN	0.17 kN	-0.24 kN

## Välipohjapalkkien laskelmat

- Tukipisteisiin syntyy nostetta, varmista ankkurointi
- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

===== Laajennus Piironen - Palkki P104 - 10.3.2016 =====

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus: Omapaino

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.55

2: 4.09

3: 0.02

Kuormitustapaus: Hyötykuorma, jänneväli 1

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.34

2: 2.27

3: -0.26

Kuormitustapaus: Hyötykuorma, jänneväli 2

Tuki: FZ [kN]:

1: -0.04

2: 1.14

3: 0.15

Kuormitustapaus: Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 1

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.18

2: 0.97

3: -0.14

===== Laajennus Piironen - Palkki P104 - 10.3.2016 =====

HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)
- MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
- \*) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
- Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
- Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
- Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
- Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajaatilamitoituksessa
- Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
- Värähtelyn minimoimiseksi tulee varmistaa ankkurointi myös välituella/tuilla
- Rakenneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
- Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaljeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja

===== Laajennus Piironen - Palkki P104 - 10.3.2016 =====

## Välipohjapalkkien laskelmat

===== Laajennus Piironen - Palkki P105 - 10.3.2016 =====

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

===== Laajennus Piironen - Palkki P105 - 10.3.2016 =====

## PROJEKTITIEDOT:

Suunnittelija: Piironen Petja  
 Projekti: Laajennus Piironen

Nimi: Palkki P105

D:\...\Palkki P105 + 60 mm Bet. Laatta.s01

===== Laajennus Piironen - Palkki P105 - 10.3.2016 =====

## RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne  
 Materiaali: C24  
 Poikkileikkaus: 48\*223  
 (B=48 mm, H=223 mm, A=10704 mm<sup>2</sup>, I<sub>y</sub>=44358268 mm<sup>4</sup>, W<sub>y</sub>=397832 mm<sup>3</sup>)  
 Käyttöluokka: 1  
 Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)  
 Jako/kuormituslev.: 300 mm (pintakuormille)

## Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:

Jänneväli 1 4710.0

Jänneväli 2 5182.0

Yhteensä: 9892.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	148	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	4710	98	Liukutuki (Z)
3:	9892	148	Liukutuki (Z)

fm,k (My): 24.00 N/mm<sup>2</sup>  
 fm,k (Mz): 30.14 N/mm<sup>2</sup>  
 fc,0,k: 21.00 N/mm<sup>2</sup>  
 fc,90,k: 2.50 N/mm<sup>2</sup>  
 ft,0,k: 14.00 N/mm<sup>2</sup>  
 fv,k (Vz): 4.00 N/mm<sup>2</sup>  
 fv,k (Vy): 4.00 N/mm<sup>2</sup>  
 E,mean: 11000 N/mm<sup>2</sup>  
 G,mean: 690 N/mm<sup>2</sup>  
 E 0.05: 7400 N/mm<sup>2</sup>  
 G 0.05: 460 N/mm<sup>2</sup>  
 Tilavuuspaino: 5.00 kN/m<sup>3</sup> (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku: 1.40

Aikaluokka: kmod:  
 Pysyvä: 0.600  
 Pitkäaikainen: 0.700  
 Keskipitkä: 0.800  
 Lyhytaikainen: 0.900  
 Hetkellinen: 1.100

kdef: 0.600

===== Laajennus Piironen - Palkki P105 - 10.3.2016 =====

## KUORMITUSTIEDOT:

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.054 kN/m x = 0 - 9892 mm

Pintakuorma: 1: QZ = 2.000 kN/m<sup>2</sup> x = 3189 - 7189 mm (Omapaino 2,0 kN/m<sup>2</sup>)

## Välipohjapalkkien laskelmat

Hyötykuorma (Hyötykuorma A, Keskipitkä, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pintakuorma: 1: QZ = 2.000 kN/m<sup>2</sup>  
kN/m<sup>2</sup>)

x = 3189 - 7189 mm

(Hyötykuorma 2,0

Hyötyk. pistekuormatark. (Hyötykuorma, lyhytaikainen, Lyhytaikainen, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1: FZ = 1.00 kN x = 6189.0 mm (1kN)

===== Laajennus Piirinen - Palkki P105 - 10.3.2016 =====

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.35\*Omapaino

Yhdistelmä 2 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 3 (MRT, Keskipitkä)

0.90\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 5 (MRT, Keskipitkä)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*0.70\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 9 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.15\*Omapaino

Yhdistelmä 10 (MRT, Pysyvä)

0.90\*Omapaino

Yhdistelmä 11 (MRT, Lyhytaikainen)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötyk. pistekuormatark.

Yhdistelmä 12 (MRT, Lyhytaikainen)

0.90\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötyk. pistekuormatark.

Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00\*Omapaino

Yhdistelmä 14 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 16 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*0.70\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 18 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötyk. pistekuormatark.

===== Laajennus Piirinen - Palkki P105 - 10.3.2016 =====

MITOITUS:

Mitoitusstandardi:

EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1:2009

Kokonaiskäyttöaste:

90.2 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 300.00 mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My>0 ja Lk2:ta, kun My<0

VÄRÄHTELYN LASKENTA-ASETUKSET:

Huoneen suurin mitta L [m]:

3.92

Lattiarakenteen leveys B [m]:

3.5

Välipohjan tuentatapa:

4 reunaa tuettu

## Välipohjapalkkien laskelmat

Ulokkeen lyhennys [mm]: 0.0  
 Poikkittaisjäykisteet: 3 jäykistelinjaa/jänneväli  
 Yläpuolinen lattialevy / rakenne: Havuvaneri 15 mm  
 Liittorakennevaikutus: Työmaaliimaus  
 Kelluva rakenne / poikkittaiskoolaus+levytys: 60 mm betonilaatta (K20)  
 Alapuoliset poikkittaiskoolaukset: 45x45 k300  
 Pinta-alayksikön massa [kg/m<sup>2</sup>]: 232  
 HUOM! Poikkittaisjäykisteet vaativat vetolaudan 22x100 (min C18), joka kiinnitetään jäykisteisiin vähintään naulauksella 2.8x75 k200  
 HUOM! Laskelmissa oletetaan, että poikkittaisjäykisteen ylä- ja alapuolella on vetolauta tai levytys  
 HUOM! Laskelmissa oletetaan, että lattialevyt asennetaan poikittain lattian pituussuuntaan nähden  
 HUOM! Alapuoliset poikkittaiskoolaukset on kiinnitettävä lattiapalkkeihin ruuveilla tai profiloiduilla kampa- tai kierrenauloilla  
 HUOM! Laskelmissa on käytetty poikkittaiskoolaukselle sahatavaran C18 materiaaliarvoja  
 HUOM! Lattiapalkin jatkuvuus on huomioitu laskelmissa käyttämällä ekvivalentteja jännevälejä seuraavasti:  
 Reunajänneväli 0.90xL

## MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	3.60 kN	10.93 kN	32.9 %	4710 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	2.29 kNm	2.63 kNm	87.0 %	4710 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):		2.29 kNm	5.46 kNm	41.9 %	4710 mm Yhdis-
telmä 2/1, Keskipitkä					
Tukipaine, tuki 1:		0.23 kN	15.26 kN	1.5 %	0 mm Yhdis-
telmä 2/3, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 1.50					
Tukipaine, tuki 2:		6.26 kN	13.54 kN	46.2 %	4710 mm Yhdis-
telmä 2/1, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 2.02					
Tukipaine, tuki 3:		0.73 kN	15.26 kN	4.8 %	9892 mm Yhdis-
telmä 2/4, Keskipitkä					
Tukipainekerroin = 1.50					
jänneväli 1, Winst:		-1.8 mm	11.8 mm	14.9 %	2968 mm Yhdis-
telmä 14/3					
jänneväli 1, Wnet,fin:		-2.1 mm	15.7 mm	13.6 %	2968 mm Yhdis-
telmä 14/3					
jänneväli 2, Winst:		7.0 mm	13.0 mm	53.8 %	7172 mm Yhdis-
telmä 14/3					
jänneväli 2, Wnet,fin:		9.6 mm	17.3 mm	55.7 %	7189 mm Yhdis-
telmä 14/3					
Taipuma U:	0.3 mm	0.7 mm	50.3%	(Värähtelytarkastelu)	
Taajuus f1:	10.0 Hz	9.0 Hz	90.2%	(Värähtelytarkastelu)	

## ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):  
 1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 1 + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 2  
 Yhdistelmä 2/3 (Keskipitkä):  
 1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 1  
 Yhdistelmä 2/4 (Keskipitkä):  
 1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma, jänneväli 2  
 Yhdistelmä 14/3 :  
 1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma, jänneväli 2

## VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
Vz,max	3.60 kN	4710 mm
My,max	2.29 kNm	4710 mm

===== Laajennus Piironen - Palkki P105 - 10.3.2016 =====

## TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	0.23 kN	-0.11 kN	0.17 kN	-0.05 kN
2:	6.26 kN	2.29 kN	4.77 kN	2.55 kN

## Välipohjapalkkien laskelmat

3: 0.73 kN 0.21 kN 0.56 kN 0.27 kN

- Tukipisteisiin syntyy nostetta, varmista ankkurointi

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

===== Laajennus Piironen - Palkki P105 - 10.3.2016 =====

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus: Omapaino

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.07

2: 2.55

3: 0.31

Kuormitustapaus: Hyötykuorma, jänneväli 1

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.10

2: 0.86

3: -0.04

Kuormitustapaus: Hyötykuorma, jänneväli 2

Tuki: FZ [kN]:

1: -0.12

2: 1.36

3: 0.25

Kuormitustapaus: Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 2

Tuki: FZ [kN]:

1: -0.10

2: 0.91

3: 0.19

===== Laajennus Piironen - Palkki P105 - 10.3.2016 =====

HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä

RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta

- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)

- MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila

- \*) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta

- Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen

- Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin

- Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille

- Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajoitilamitoituksessa

- Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa

- Värähtelyn minimoimiseksi tulee varmistaa ankkurointi myös välituella/tuilla

- Rakenneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl

- Rakenneosan mahdollinen halkeilu käyttöluokassa 1 on huomioitu kertoimella kcr, joka on mukana leikkauslujuuden mitoitusarvossa fv,d

- Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaljeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja

===== Laajennus Piironen - Palkki P105 - 10.3.2016 =====

## Aukonylityspalkin laskelma

===== Laajennus Piironen - Aukonylitys palkki - 7.3.2016

=====

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

RIL 205-1-2009 SR1 (02.07.2012)

===== Laajennus Piironen - Aukonylitys palkki - 7.3.2016

=====

PROJEKTITIEDOT:

-----

Suunnittelija: Piironen Petja  
 Projekti: Laajennus Piironen

-----

Nimi: Aukonylitys palkki

-----

D:\...\Aukonylitys palkki.s01

===== Laajennus Piironen - Aukonylitys palkki - 7.3.2016

=====

RAKENNETIEDOT:

-----

Rakennetyyppi: Vapaa rakenne

Materiaali: KERTO-S syrjällään

Poikkileikkaus: 2x39x260

(B=78 mm, H=260 mm, A=20280 mm<sup>2</sup>, I<sub>y</sub>=114244000 mm<sup>4</sup>, W<sub>y</sub>=878800 mm<sup>3</sup>)

Käyttöluokka: 1

Seuraamusluokka: CC2 (KFI=1.0)

Jako/kuormituslev.: 5800 mm (pintakuormille)

-----

Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli: Vaakamitta [mm]:

Jänneväli 1 1708.0

Jänneväli 2 586.0

Jänneväli 3 586.0

Jänneväli 4 1665.0

Yhteensä: 4545.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:	
1:	0	48	Kiinteä niveltuki (X,Z)	
2:	1708	144	Kiinteä niveltuki (X,Z)	2
3:	2294	48	Kiinteä niveltuki (X,Z)	
4:	2880	144	Kiinteä niveltuki (X,Z)	
5:	4545	48	Liukutuki (Z)	

-----

f<sub>m,k</sub> (M<sub>y</sub>): 44.76 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>m,k</sub> (M<sub>z</sub>): 50.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>c,0,k</sub>: 35.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>c,90,k</sub>: 6.00 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>t,0,k</sub>: 34.14 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>v,k</sub> (V<sub>z</sub>): 4.10 N/mm<sup>2</sup>

f<sub>v,k</sub> (V<sub>y</sub>): 2.30 N/mm<sup>2</sup>

E<sub>mean</sub>: 13800 N/mm<sup>2</sup>

G<sub>mean</sub>: 600 N/mm<sup>2</sup>

E 0.05: 11600 N/mm<sup>2</sup>

G 0.05: 400 N/mm<sup>2</sup>

Tilavuuspaino: 5.10 kN/m<sup>3</sup> (omapainon laskentaa varten)

-----

Osavarmuusluku: 1.20

Aikaluokka: k<sub>mod</sub>:

Pysyvä: 0.600

Pitkäaikainen: 0.700

Keskipitkä: 0.800

Lyhytaikainen: 0.900

Hetkellinen: 1.100

-----

k<sub>def</sub>: 0.600

===== Laajennus Piironen - Aukonylitys palkki - 7.3.2016

=====

KUORMITUSTIEDOT:

## Aukonylityspalkin laskelma

-----  
Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.103 kN/m x = 0 - 4545 mm

-----  
Hyötyk. pistekuormatark. (Hyötykuorma, lyhytaikainen, Lyhytaikainen, MRT/KRT-liikkuvuus = 100.0 %):

Pistekuorma: 1: FZ = 6.23 kN x = 421.0 mm (6,23)

Pistekuorma: 2: FZ = 6.23 kN x = 833.0 mm (6,23)

Pistekuorma: 3: FZ = 6.23 kN x = 1283.0 mm (6,23)

Pistekuorma: 4: FZ = 6.23 kN x = 1733.0 mm (6,23)

Pistekuorma: 5: FZ = 6.23 kN x = 2184.0 mm (6,23)

Pistekuorma: 6: FZ = 6.23 kN x = 2634.0 mm (6,23)

Pistekuorma: 7: FZ = 9.78 kN x = 3043.0 mm (9,78)

Pistekuorma: 8: FZ = 9.78 kN x = 3368.0 mm (9,78)

Pistekuorma: 9: FZ = 9.78 kN x = 3768.0 mm (9,78)

Pistekuorma: 10: FZ = 9.78 kN x = 4168.0 mm (9,78)

===== Laajennus Piironen - Aukonylitys palkki - 7.3.2016

=====

KUORMITUSYHDISTELMÄT:

-----  
Yhdistelmä 1 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.35\*Omapaino

-----  
Yhdistelmä 2 (MRT, Pysyvä)

1.00\*1.15\*Omapaino

-----  
Yhdistelmä 3 (MRT, Pysyvä)

0.90\*Omapaino

-----  
Yhdistelmä 11 (MRT, Lyhytaikainen)

1.00\*1.15\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötyk. pistekuormatark.

-----  
Yhdistelmä 12 (MRT, Lyhytaikainen)

0.90\*Omapaino + 1.00\*1.50\*Hyötyk. pistekuormatark.

-----  
Yhdistelmä 13 (KRT)

1.00\*Omapaino

-----  
Yhdistelmä 18 (KRT)

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötyk. pistekuormatark.

===== Laajennus Piironen - Aukonylitys palkki - 7.3.2016

=====

MITOITUS:

-----  
Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1-2009

Kokonaiskäyttöaste: 98.4 %

-----  
MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja Winst: L/400

Taipumaraja Wnet,fin: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00

Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)

Kiepahdus taivutuksesta My (y-askelin suhteen):

Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: Lk1 = 300.00 mm

Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: Lk2 = Päätukien välimatka

Lef1 = Lk1 ja Lef2 = Lk2 (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)

HUOM! Lk1:ta käytetään, kun My&gt;0 ja Lk2:ta, kun My&lt;0

-----  
VÄRÄHTELYN LASKENTA-ASETUKSET:

Huoneen suurin mitta L [m]: 6.0

Lattiarakenteen leveys B [m]: 5.0

Välipohjan tuentatapa: 2 reunaa tuettu

Ulokkeen lyhennys [mm]: 0.0

Poikkitaivutusjäykisteet: Ei jäykisteitä

Yläpuolinen lattialevy / rakenne: Ei huomioida

Liittorakennevaikutus: Ei liittovaikutusta



## Aukonylityspalkin laskelma

Kelluva rakenne / poikittaiskoolaus+levytys:

Ei kelluvaa rakennetta

Alapuoliset poikittaiskoolaukset:

Ei alapuolista poikittaiskoolausta

Pinta-alayksikön massa [kg/m<sup>2</sup>]:

120

HUOM! Lattiapalkin jatkuvuus on huomioitu laskelmissa käyttämällä ekvivalentteja jännevälejä seuraavasti:

Reunajänneväli 0.90xL, sisäjänneväli(t) 0.82xL

## MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste *):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	40.32 kN	41.57 kN	97.0 %	2880 mm	Yhdistelmä 11/8, Lyhyt-aikainen
Taivutus (My):	10.74 kNm	24.56 kNm	43.7 %	2880 mm	Yhdistelmä 11/8, Lyhyt-aikainen
(ilman kiepahdusta):		10.74 kNm	29.50 kNm	36.4 %	2880 mm Yhdis-
telmä 11/8, Lyhytaikainen					
Tukipaine, tuki 1:		10.92 kN	27.38 kN	39.9 %	0 mm Yhdis-
telmä 11/2, Lyhytaikainen					
Tukipainekerroin = 1.62					
Tukipaine, tuki 2:		45.34 kN	71.60 kN	63.3 %	1708 mm Yhdis-
telmä 11/9, Lyhytaikainen					
Tukipainekerroin = 1.42					
Tukipaine, tuki 3:		14.34 kN	37.91 kN	37.8 %	2294 mm Yhdis-
telmä 12/7, Lyhytaikainen					
Tukipainekerroin = 2.25					
Tukipaine, tuki 4:		70.45 kN	71.60 kN	98.4 %	2880 mm Yhdis-
telmä 11/8, Lyhytaikainen					
Tukipainekerroin = 1.42					
Tukipaine, tuki 5:		18.84 kN	27.38 kN	68.8 %	4545 mm Yhdis-
telmä 11/3, Lyhytaikainen					
Tukipainekerroin = 1.62					
jänneväli 1, Winst:		1.2 mm	4.3 mm	28.1 %	833 mm Yhdis-
telmä 18/2					
jänneväli 1, Wnet,fin:		1.2 mm	5.7 mm	21.2 %	833 mm Yhdis-
telmä 18/2					
jänneväli 2, Winst:		0.1 mm	1.5 mm	4.3 %	2184 mm Yhdis-
telmä 18/5					
jänneväli 2, Wnet,fin:		0.1 mm	2.0 mm	3.2 %	2184 mm Yhdis-
telmä 18/5					
jänneväli 3, Winst:		0.1 mm	1.5 mm	6.8 %	2634 mm Yhdis-
telmä 18/6					
jänneväli 3, Wnet,fin:		0.1 mm	2.0 mm	5.1 %	2634 mm Yhdis-
telmä 18/6					
jänneväli 4, Winst:		2.0 mm	4.2 mm	47.9 %	3768 mm Yhdis-
telmä 18/3					
jänneväli 4, Wnet,fin:		2.0 mm	5.5 mm	36.0 %	3768 mm Yhdis-
telmä 18/3					
Taipuma U:	0.0 mm	0.5 mm	9.6%	(Värähtelytarkastelu)	
Taajuus f1:	25.6 Hz	9.0 Hz	35.1%	(Värähtelytarkastelu)	

## ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 11/8 (Lyhytaikainen):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 1 + 1.50\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 3 + 1.50\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 4

Yhdistelmä 11/2 (Lyhytaikainen):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 1 + 1.50\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 3

Yhdistelmä 11/9 (Lyhytaikainen):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 1 + 1.50\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 2 + 1.50\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 4

Yhdistelmä 12/7 (Lyhytaikainen):

0.90\*Omapaino + 1.50\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 2 + 1.50\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 3

Yhdistelmä 11/3 (Lyhytaikainen):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 2 + 1.50\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 4

Yhdistelmä 18/2 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 1 + 1.00\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 3

Yhdistelmä 18/5 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 2

## Aukonylityspalkin laskelma

Yhdistelmä 18/6 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 3

Yhdistelmä 18/3 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 2 + 1.00\*Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 4

## VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos: Maksimi-arvo: Sijainti x:

Vz,max 40.32 kN 2880 mm

My,max 10.74 kNm 2880 mm

===== Laajennus Piironen - Aukonylitys palkki - 7.3.2016

## TUKIREAKTIOT:

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	10.92 kN	-0.21 kN	7.30 kN	-0.11 kN
2:	45.34 kN	-0.68 kN	30.28 kN	-0.37 kN
3:	14.34 kN	-42.44 kN	9.53 kN	-28.31 kN
4:	70.45 kN	-0.66 kN	47.01 kN	-0.36 kN
5:	18.84 kN	-0.18 kN	12.57 kN	-0.10 kN

- Tukipisteisiin syntyy nostetta, varmista ankkurointi

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

===== Laajennus Piironen - Aukonylitys palkki - 7.3.2016

## TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus: Omapaino

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.07

2: 0.21

3: -0.08

4: 0.20

5: 0.07

Kuormitustapaus: Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 1

Tuki: FZ [kN]:

1: 7.20

2: 19.67

3: -10.09

4: 1.98

5: -0.08

Kuormitustapaus: Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 2

Tuki: FZ [kN]:

1: -0.05

2: 6.86

3: 6.19

4: -0.56

5: 0.02

Kuormitustapaus: Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 3

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.02

2: -0.58

3: 3.41

4: 3.46

5: -0.09

Kuormitustapaus: Hyötyk. pistekuormatark., jänneväli 4

Tuki: FZ [kN]:

1: -0.13

2: 3.54

3: -18.15

4: 41.38

5: 12.48

===== Laajennus Piironen - Aukonylitys palkki - 7.3.2016

## Aukonylityspalkin laskelma

### HUOMIOT:

- EN 1995-1-1-standardin, sen täydennysosan A1:2008 ja Suomen kansallisten liitteiden sekä RIL 205-1-2009 -suunnitteluohjeen mukainen laskenta
- VTT on tehnyt kolmannen osapuolen tarkistuksen ohjelmalle (VTT-S-03937-12)
- MRT = Murtorajatila, KRT = Käyttörajatila
- \*) Yhteisvaikutustarkasteluissa %-luku tarkoittaa mitoitusarvon ja raja-arvon suhdetta, ei todellista käyttöastetta
- Liittyvän alapuolisen rakenteen tukipainekestävyys tulee tarkistaa erikseen
- Mitoituksessa ei huomioida ulokkeiden alle 20 mm taipumaa ylöspäin
- Värähtely- ja taipumatarkastelua ei tehdä alle 200 mm pituisille ulokkeille
- Leikkausmuodonmuutos on mukana käyttörajatilamitoituksessa
- Leikkausmuodonmuutos ei ole mukana voimasuureiden laskennassa
- Värähtelyn minimoimiseksi tulee varmistaa ankkurointi myös välituella/tuilla
- Rakenneosan koon vaikutus lujuuteen on otettu huomioon ominaisarvoissa kertoimilla kh ja kl
- Suunnittelijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennedetaljeihin ja varmistaa, ettei rakenteisiin muodostu vesitaskuja

===== Laajennus Piironen - Aukonylitys palkki - 7.3.2016  
=====

## Palkkien kustannusvertailu

PALKKIEN KUSTANNUSVERTAILU						
Kerto-s/3-kerroskipsilevy	Määrä	Yksikkö	Hukka	Hinta	Yhteensä	Lisätietoja
57mm*260mm 5m	9	kpl		80,00 €	720,00 €	Kappalehintaa
57mm*260mm 6m	21	kpl		96,00 €	2 016,00 €	Kappalehintaa
51mm*260mm 5m	24	kpl		97,00 €	2 328,00 €	Kappalehintaa
51mm*260mm 6m	40	kpl		98,00 €	3 920,00 €	Kappalehintaa
Havuvaneri 15mm	67	kpl	5 %	10,21 €	718,27 €	€/m2
22m*100mm	470	jm	10 %	0,59 €	305,03 €	7m/m2
Lattiakipsilevy 15mm	23	kpl	5 %	16,40 €	396,06 €	kpl/2,928m2
Kek 13 kipsilevy	40	kpl	7 %	14,90 €	637,72 €	kpl/3,12m2
Kipsilevyruuvit	1	ltk		25,60 €	25,60 €	3000kpl
Saneerauslaasti	4	säkkiä		18,40 €	73,60 €	20kg säkki Weber vetonit RF
Konenaula 2,9mm 50mm	1	ltk		54,50 €	54,50 €	5000kpl/ltk
Kulmarauta	3	ltk		17,80 €	53,40 €	90*90*3*40 30kpl/ltk
Yhteensä					11 248,18 €	
Kerto-s/60mm pintavalu						
51mm*260mm 5m	24	kpl		71,60 €	1 718,40 €	Kappalehintaa
51mm*260mm 6m	44	kpl		85,90 €	3 779,60 €	Kappalehintaa
Havuvaneri 15mm	67	kpl	5 %	10,21 €	718,27 €	€/m2
Betoni 60mm k20	4,02	m3	1 %	159,70 €	648,41 €	180 €/m3
Kuljetus	1	Erä		170,00 €	170,00 €	
raudoituskoroke	1	pussi		49,30 €	49,30 €	400 kpl/pussi
Verkko 6mm #150mm	13		3 %	9,31 €	124,66 €	Saneerausverkko B500K 6-150 2350x1200 mm 2,82m2
Erotuskaista	1	Rulla		14,00 €	14,00 €	Irroituskaista 5x150mm / 50m
Ruuvit	1	ltk		17,90 €	17,90 €	Hobau 4,2*55mm 1000kpl/ltk noin 14 kpl/m2
Kulmarauta	3	ltk		17,80 €	53,40 €	90*90*3*40 30kpl/ltk
Yhteensä					7 293,95 €	
48mm*223mm/60mm pintavalu						
48mm*223mm	504	jm	5 %	2,95 €	1 561,14 €	
Havuvaneri	67	kpl	5 %	10,21 €	718,27 €	€/m2
Betoni 60mm k20	4,02	m3	1 %	159,70 €	648,41 €	180 €/m3
Kuljetus	1	Erä		170,00 €	170,00 €	
Verkko 4mm #150mm	13		3 %	9,31 €	124,66 €	
raudoituskoroke	1	pussi		49,30 €	49,30 €	400 kpl/pussi
Irroituskaista	1	Rulla		11,90 €	11,90 €	Irroituskaista 5x150mm / 50m
Ruuvit	1	ltk		17,90 €	17,90 €	Hobau 4,2*55mm 1000kpl/ltk noin 14kpl/m2
Kulmarauta	4	ltk		17,80 €	71,20 €	90*90*3*40 30kpl/ltk
Yhteensä					3 372,79 €	
Erotukset	Yhteensä		Erotus halvempaan			
Kerto-s/3-kerroskipsilevy	11 248,18 €		7 875,40 €			
Kerto-s/60mm pintavalu	7 293,95 €		3 921,16 €			
48mm*223mm/60mm pint	3 372,79 €		0,00 €			

## Eristeiden kustannusvertailu

Seinien kustannusvertailu Vaadittu U-arvo 0,17 W/(m2K) RakMK D3 2012 23.12.2015

Puurunko	U-Arvo 0,01620 W/(m2 K)						
	Tarvikkeet	Kaupan nimike	Menekki	Yksikkö	Hukka %	Hinta €/yks	Yhteensä
	22*100	PL/VL 22*100	120	Jm	5,00 %	0,59 €	74,34 €
	48*48	Mitallistettu 48*48	195	Jm	5,00 %	0,90 €	184,28 €
	Kiinikkeet	Konenenaula 90*3,4 2500kpl/ltk	2	Ltk	1,00 %	69,90 €	141,20 €
	Uretaanilevy	Finfoam 50*600*2500	17	Kpl	5,00 %	13,98 €	249,54 €
	Eriste	Isover KL-33-125	95	m2	5,00 %	12,00 €	1 197,00 €
	Eriste	Isover KL-33-50	95	m2	5,00 %	6,59 €	657,35 €
	tuulensuojalevy	Isover RKL-31 Fasade 50mm	95	m2	7,00 %	13,77 €	1 399,72 €
	Höyrynsulku	Ranimobar 0,2mm	2	rla	5,00 %	69,00 €	144,90 €
	Hs-teippi	Sitko höyrynsulkuteippi	2	rla	1,00 %	12,90 €	26,06 €
	Uretaani	Illbruck FM 330	2	pullo	5,00 %	11,00 €	23,10 €
	Kipsilevy	Cyproc EK 13mm	95	m2	10,00 %	5,61 €	586,25 €
	Ruuvit	Prof PH2 2,8*35mm	2	Ltk		16,95 €	33,90 €
	YHTEENSÄ						4 717,63 €
Polyuretaaniseinä	U-Arvo 0,01600 W/(m2 K)						
	Polyuretaanilevy	SPU vintti-iita 120mm	95	m2	5,00 %	29,77 €	2 969,56 €
	Polyuretaanilevy	SPU Anselmi 40mm	95	m2	5,00 %	22,85 €	2 279,29 €
	Kiinnikkeet	Yleisruuvi 45*60	2	ltk	1,00 %	23,45 €	47,37 €
	Uretaani	Illbruck FM 330	8	pullo	5,00 %	11,00 €	92,40 €
	Hs-teippi	Sitko höyrynsulkuteippi	2	rla	1,00 %	12,90 €	26,06 €
	Alumiiniteippi	Alumiiniteippi Kraft	4	rulla	8,00 %	19,90 €	85,97 €
	48*98	Mitallistettu 48*98	23	jmm	5,00 %	2,45 €	59,17 €
	YHTEENSÄ						5 559,81 €

Seinissä laskettiin pelkät materiaalihinnat tiedossa oleville hukkilla ja sen hetkisinä materiaalihinnoilla, hinnat otettiin rautakauppojen internet sivustoilta. Pelkkien materiaalihintojen perusteella tavallinen puuroinkoinenseinä on halvempi. Kokonaiskustannuksiltaan polyuretaaniseinä tulee halvemmaksi pienemmän työosuuden takia.

Polyuretaaniseinä on myös näillä materiaali valinnoilla lämpötekisesti hieman parempi vaihtoehto.

Seinien hinnan erotus 95m2= 842,18	
Neliöhinnat	
Puurunko	49,66 €/m2
Polyuretaani	58,52 €/m2

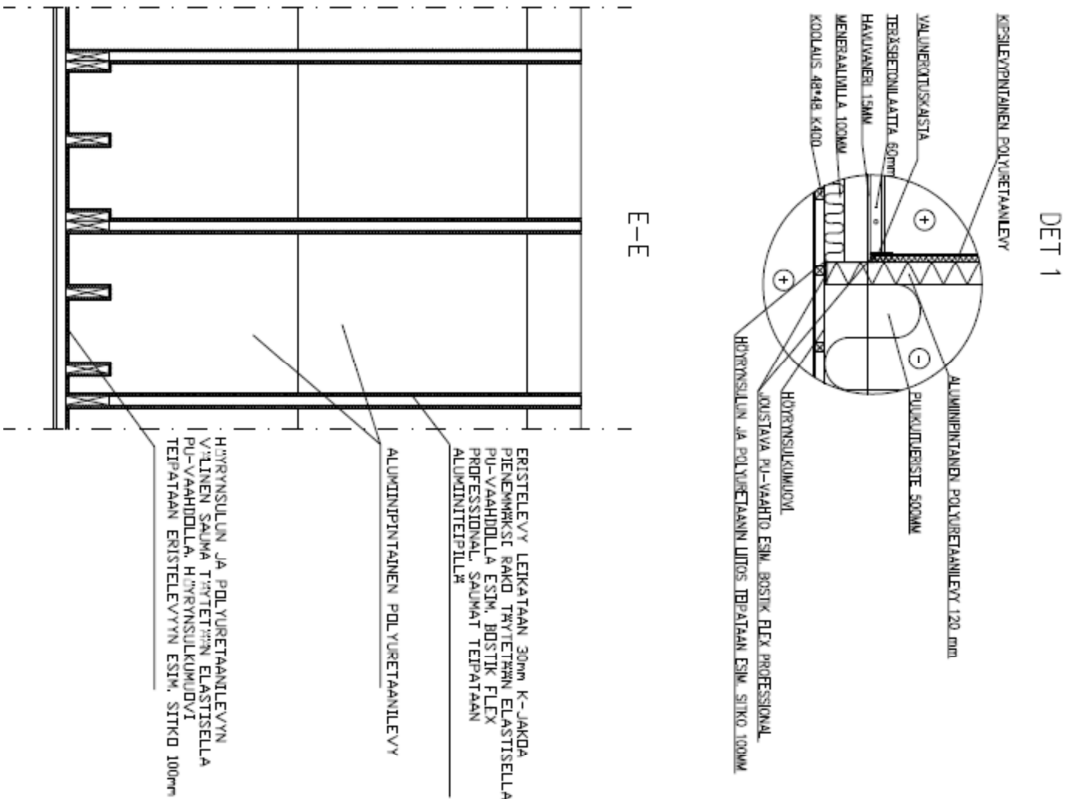
## Kustannuslaskelma

Kustannuslaskelma Materiaalit 65 m2		65	m2					
Ryhmä	Nimike	Määrä	Yksikkö	Menekki	Hukka %	€/yksikkö	Kustannus	Lisätiedot
<b>Luvat ja suunnitelmat</b>								
Valvonta		1	Kpl					
IV-suunnitelma		1	Kpl			100,00 €	100,00 €	
Rakennuslupa		1	Kpl			350,00 €	350,00 €	
Ryhmä yhteensä							<b>450,00 €</b>	%-Osuus koko hankkeesta <b>1,3 %</b>
<b>Kantavat rakenteet</b>								
Palkit	48mm*223mm	560	jm		5 %	3,70 € /jm	2 175,60 €	
Vaneri	Havuvaneri	67	m2		5 %	10,21 € /kpl	718,27 €	Havuvaneri III/III 15x2440x1200mm 2.928 m2
	Betoni 60mm C20/25 s2	4,02	m3		1 %	159,70 € /erä	648,41 €	Lujabetoni hinnasto
	Kuljetus	1	Erä			170,00 € /erä	170,00 €	
	raudoituskoroke	1	pussi	4-6 kpl/m2		49,30 €	49,30 €	400 kpl/pussi
	Verkko 4mm #150mm 2,0*2,2	13	kpl		3 %	9,31 € /kpl	124,66 €	Verkko 5,46 m2 Stark
	Irroituskaista 5mm*100mm*	1	Rulla			11,90 € /kpl	11,90 €	Taloon.com
	Ruuvit	1	ltk			17,90 € /ltk	17,90 €	Hobau 4,2*55mm 1000kpl/ltk noin 14kpl/m2
	Kulmarauta	4	ltk	3kpl/palkki		17,80 € /ltk	71,20 €	
Aukonylityspalkki	Kerto-S 39x260x5000	2	kpl			54,80 € /kpl	109,60 €	Kerto-s 39mmx260mmx5000mm
Ryhmä yhteensä							<b>4 096,85 €</b>	%-Osuus koko hankkeesta <b>11,6 %</b>
<b>Väliseinät</b>								
Runko	Kertopuu väliseinätolppa	28	kpl		5 %	5,65 € /kpl	166,11 €	VÄLISEINÄTOLPPA 39X66X2550MM KERTOPIUU
Eristys	Isover KL-AKU 66mm	3	pkt			61,39 € /pkt	184,17 €	12,79 m2/pkt
Levytyt	EK 13mm 1200mm*2600mm	21	kpl		10 %	14,84 € /kpl	342,80 €	3,12 m2/kpl
Kiinnikkeet	Kipsilevyruuvi 4,5*45 500kpl	2	ltk			7,90 € /pkt	15,80 €	
Tasoite	Presto j	1	astia			29,00 € /astia	29,00 €	Stark 10 l
	Presto lh	1	astia			31,40 € /astia	31,40 €	Stark 10 l
Saumanauha	Kultusaumanauha 50mm 50m	2	Rulla			17,70 € /rulla	35,40 €	
Maali	Ykköspohja	1	astia	7-9m2/l		60,50 € /astia	60,50 €	18 litraa/astia
Ryhmä yhteensä							<b>865,18 €</b>	%-Osuus koko hankkeesta <b>2,4 %</b>
<b>Katto</b>								
Koolaus	22 mm*100 mm	350	jm	6,67 jm/m2 k300	5 %	0,59 € /jm	206,50 €	
Kiinnikkeet	Hakanen 40mm	1	ltk	n.1500 kpl		33,95 € /ltk	33,95 €	2400kpl/ltk
Ryhmä yhteensä							<b>240,45 €</b>	%-Osuus koko hankkeesta <b>0,7 %</b>
<b>Eristeet</b>								
Ryhmä	Nimike	Määrä	Yksikkö	Menekki	Hukka %	€/yksikkö	Kustannus	Lisätiedot
Yläpohja suora	Ekovilla	23	m³	3 Säkkiä/m³		16,50 € /Sakki	1 138,50 €	Huomioitu Ekovillan 20% painuminen
	Mineraalivilla 100mm Isover	55	m2	3,9 m2/pkt	0 %	40,92 € /pkt	613,80 €	Hinta täysin paketein
Portaan kohta	SPU AL 200mm	1	kpl		5 %	45,45 € /m2	47,72 €	200 mm*1200 mm*2400 mm 2,88 m2
	SPU AL 100mm	1	kpl		5 %	22,19 € /m2	23,30 €	100 mm*1200 mm*2400 mm 2,88 m2
Yläpohja vino	SPU AL 100mm	40	m2		5 %	22,19 € /m2	931,98 €	100 mm*1200 mm*2400 mm 2,88 m2
	SPU Vintti-iita 160mm	40	m2		5 %	37,15 € /m2	1 560,30 €	100 mm*1200 mm*2600 mm 3,12m2
	SPU Anselmi 40mm	10	m2		5 %	22,85 € /m2	239,93 €	40 mm*600 mm*2600 mm 1,44 m2
Alapohja	SPU AL 100mm * 2 kpl	20	m2		5 %	22,19 € /m2	465,99 €	100 mm*1200 mm*2400 mm 2,88 m2
	SPU AL 50mm	10	m2		5 %	15,24 € /m2	160,02 €	50 mm*1200 mm*2400 mm 2,88 m2
	SPU Vintti-iita 120mm	10	m2		5 %	29,78 € /m2	312,69 €	120 mm*1200 mm*2600 mm 3,12m2
Seinät	SPU Vintti-lita 120mm	95	m2		5 %	29,78 € /m2	2 970,56 €	120 mm*1200 mm*2400 mm 2,88 m2
	SPU AL 150mm	25	m2		5 %	32,95 € /m2	864,94 €	150 mm*1200 mm*2400 mm 2,88 m2
	SPU Anselmi 40mm	95	m2		5 %	22,85 € /m2	2 279,29 €	40 mm*600 mm*2600 mm 1,44 m2
Ryhmä yhteensä							<b>11 609,01 €</b>	%-Osuus koko hankkeesta <b>32,9 %</b>
<b>Ikkunat</b>								
12*14	Piklas ovet ja ikkunat	2	Kpl			403,19 € /kpl	806,38 €	Sälekaihtimet hätäuloskäytävä U-arvo 1,0
12*15	Piklas ovet ja ikkunat	2	Kpl			453,42 € /kpl	906,84 €	Sälekaihtimet tuuletusikkuna hyttyspuite u-arvo 1,0
Pellit		4	pkl			15,00 € /kpl	60,00 €	
Smyygilauta	22*120	60	jm	15 jm/ikkuna	5 %	1,00 € /jm	63,00 €	
Ryhmä yhteensä							<b>1 836,22 €</b>	%-Osuus koko hankkeesta <b>5,2 %</b>
<b>Väliovet</b>								
Pariovi lasi	Kevytpelliovi 13x21	2	Kpl			627,00 € /kpl	1 254,00 €	
Karmit	Karmi 13X21/92 Valkoinen	2	Kpl			63,5 € /kpl	127,00 €	
Laaka-ovi		1	Kpl			42,50 € /kpl	42,50 €	
Karmi	Karmi 8X21/92 valkoinen	1	Kpl			47,20 € /kpl	47,20 €	
Painikkeet		3	Kpl			25,00 € /kpl	75,00 €	
Kilpi		3	Kpl			5,00 € /kpl	15,00 €	
Kynnykset	2 kpl 13 ja 1 kpl 8	1	Erä			76,00 € /erä	76,00 €	
Karmiruuvi		1	pkt			18,90 € /pkt	18,90 €	100/pkt
Ryhmä yhteensä							<b>1 655,60 €</b>	%-Osuus koko hankkeesta <b>4,7 %</b>
<b>Lämmitys</b>								
Urakka	Uponor lattialämmitys	1	Erä			1450	1 450,00 €	
Ryhmä yhteensä							<b>1 450,00 €</b>	%-Osuus koko hankkeesta <b>4,1 %</b>

## Kustannuslaskelma

Ilmanvaihto											
Putket		500		1				500,00 €			
Venttiilit		50		1				50,00 €			
Eristeet		250		1				250,00 €			
Säätö		150	Erä	1				150,00 €			
								Ryhmä yhteensä	950,00 €	%-Osuus koko hankkeesta	2,7 %
Sähköt											
Urakka		67	Erä	1			90 €/m2	6 030,00 €	noin 90 €/m2		
								Ryhmä yhteensä	6 030,00 €	%-Osuus koko hankkeesta	17,1 %
Pintamateriaalit											
Lattia	Laminaatti	67	m2			5 %	14,90 €/m2	998,30 €			
Jalkalista	12*42*3300 mänty valk	55	jm			10 %	1,47 €/jm	88,94 €			
Peitelistä	12*42*220	31	kpl			5 %	3,40 €/kpl	110,67 €			
Katto	Mdf paneli	33	pkt			5 %	17,15 €/pkt	594,25 €	1,72 m2/pkt		
Seinät	Tapetti	28	Rulla				30,00 €/rulla	840,00 €	Keskihinta 30 Euroa/rulla		
								Ryhmä yhteensä	2 632,15 €	%-Osuus koko hankkeesta	7,4 %
Portaat											
Lappiporras	Taloon.com	1	kpl				1 242,00 €/kpl	1 242,00 €			
Kaiteet											
								Ryhmä yhteensä	1 242,00 €	%-Osuus koko hankkeesta	3,5 %
Kalusteet											
Vaatehuone		1	Erä				600,00 €	600,00 €			
Mh:t		2	Erä				500,00 €	1 000,00 €			
Aula		1	Erä				300,00 €	300,00 €			
								Ryhmä yhteensä	1 900,00 €	%-Osuus koko hankkeesta	5,4 %
Tarvikkeet											
Turvatiekaat		2	kpl				145,00 €	290,00 €			
Keskuspölynimuri	putket, haarat, johto ja rasia	1	Erä				85,00 €	85,00 €			
								Ryhmä yhteensä	375,00 €	%-Osuus koko hankkeesta	1,1 %
Yhteensä:		35 332,46 €	543,58 €/m2								
Kustannustavoite		32 500,00 €									
	-	2 832,46 €									

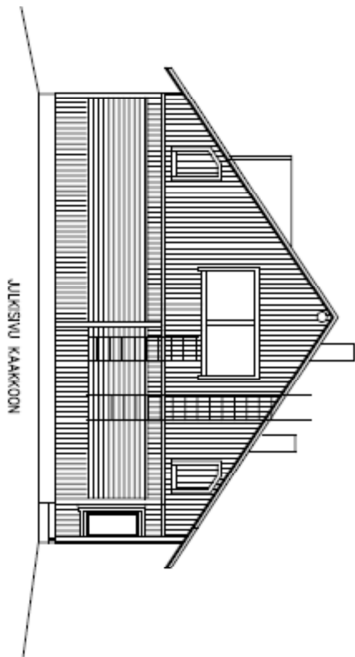
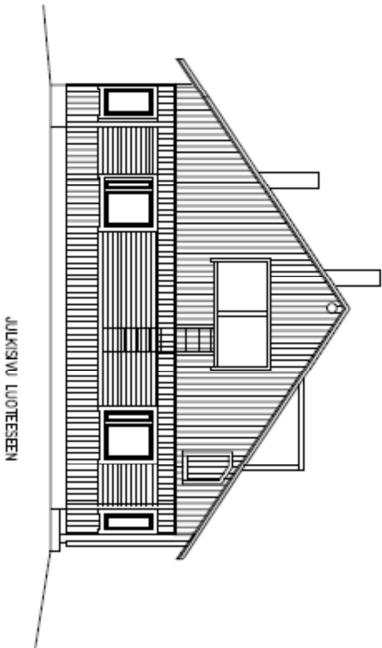
Lupakuvat



K. KOKO	KOORTEL/ALA	TEHTY/NO	MAKUNNALLINEN TUNNUS
TOIMINTAMÄÄRITTE			PROJEKTILAA
LAJ. ENNUS			PÄÄPIIRUSTUS
MAKUNNALLINEN NIMI JA OSIO			PROJEKTIO-SEITTO
LAJ. ENNUS PIIRIKEN			DETAILI
	SISÄLLÄ	TYÖ N:o	PIIRIKO
	RAK		MAKUN
	PAIKAS	YHTIÖK.	
		PIIRIKO PIIRIKEN	

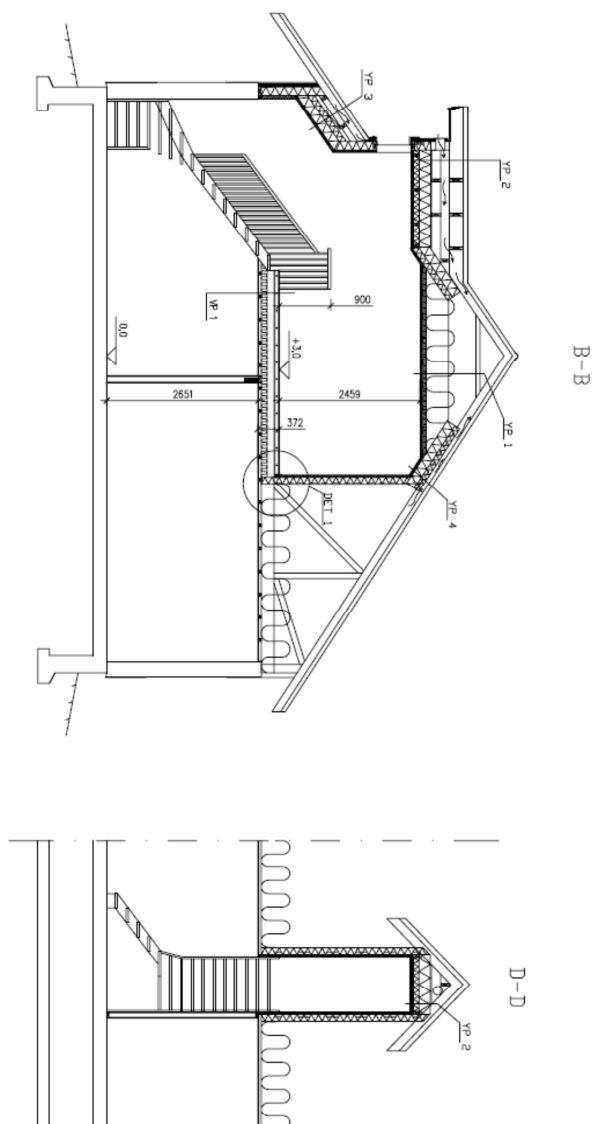


Lupakuvat



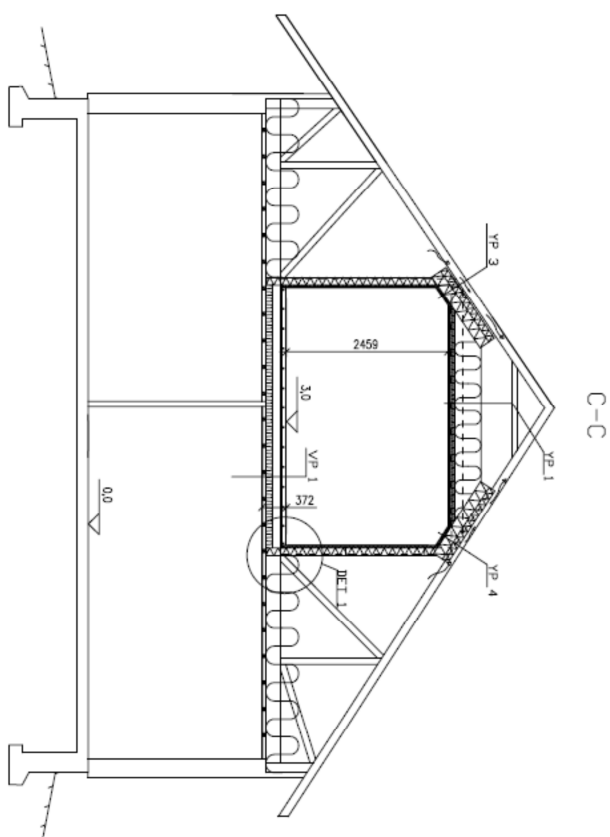
C	22.10.2015	USATY HUKUTUUKUUT	pp
B	22.10.2015	USATY POSTIMISTIKKAAT	pp
A	22.10.2015	USATY TUKERAN IKKUNAT	pp
K.O.S.A			
KORTTEL/TA		ENIT/NO	PAIKKUNNUN TUNIS
BOENSTUNEFTE		FRUSTELA	JUKSIN
LAAENNUS		PAKIRUSTUS	
BOENSTUNEFTE NIA A GATE		FRUSTEN SEAT	MTKKAAT
LAAENNUS PIROINEN		JUKSINPIRUSTUS	1:100
I			
		SUNALA	TO NO
		ARK	PIRNO
		PAVANS	MTKKAAT
			PETIA PIROINEN

Lupakuvat

[illegible]



Lupakuvat



NAME	DATE OF BIRTH	DATE OF DEATH	RESIDENTIAL UNIT NUMBER	DATE OF LAST VISIT
1. <b>STRENGTH</b>	1990-01-01	1990-01-01	100-001	100-001
2. <b>STRENGTH</b>	1990-01-01	1990-01-01	100-002	100-002
3. <b>STRENGTH</b>	1990-01-01	1990-01-01	100-003	100-003
4. <b>STRENGTH</b>	1990-01-01	1990-01-01	100-004	100-004
5. <b>STRENGTH</b>	1990-01-01	1990-01-01	100-005	100-005
6. <b>STRENGTH</b>	1990-01-01	1990-01-01	100-006	100-006
7. <b>STRENGTH</b>	1990-01-01	1990-01-01	100-007	100-007
8. <b>STRENGTH</b>	1990-01-01	1990-01-01	100-008	100-008
9. <b>STRENGTH</b>	1990-01-01	1990-01-01	100-009	100-009
10. <b>STRENGTH</b>	1990-01-01	1990-01-01	100-010	100-010

[illegible]



